

ليونيد سيكوروك

الفيزياء للصغار

دار «مير» للطباعة والنشر موسكو

Л. Сикорук

ФИЗИКА ДЛЯ МАЛЫШЕЙ

Москва „Педагогика“



ترجمة
أكرم النواب

ISBN 5-03-000140-9

لذكرى المرحوم والدى

كلمة المؤلف

هذا الكتاب حصيلة جهود كبيرة بذلت فى إعداد وإخراج المسلسل التلفزيونى «الفيزياء للصغار» من تلفزيون مدينة نوفوسيبيرسك فى الاتحاد السوفييتى .

لقد استرعى هذا المسلسل اهتمام الصغار والكبار على السواء وحظى بإقبال واسع . فالأعداد الكبيرة من الرسائل التى استلمتها تحتوى على أجوبة وحلول للتمارين ، وشروح مفصلة للتجارب والتبعات التى أجراها الصغار من تلقاء أنفسهم ، وعلى أسئلة كان ينبغى الرد عليها فى كل حلقة جديدة من المسلسل .

أنا مصور سينمائى ولست فيزيائيا . غير أن الاهتمام بعلم الفيزياء ظهر عندى منذ الطفولة — وإنى مدين بذلك لوالدى الذى علمنى بكل ما سيرد ذكره فى هذا الكتاب .

ليس هذا الكتاب منهجا دراسيا . . . فهو شرح مبسط لبعض المسائل التى يتناولها علم الفيزياء . ويمكن قراءته على أفراد العائلة مع الأطفال المقبلين على دخول المدرسة والتلاميذ فى الصفوف الأولى منها ، ويمكن الاستعانه به كذلك فى رياض الأطفال وأثناء الأعمال اللاصفية .

الغرض من هذا الكتاب
هو
إفهام الأطفال أن العالم
المحيط بهم يمكن إدراكه ،

وأن كافة الظواهر الطبيعية يمكن تفسيرها وتعليلها علميا . وقراءة هذا الكتاب يجب أن تحث الطفل على أن يقوم لوحده بالتجارب والمراقبات ويلعب باللعب التى يشغل بها أبطالنا .

لا داعى لقراءة هذا الكتاب «دفعة واحدة» فمثل هذه القراءة لا تعود بالفائدة المرجوة . الأفضل قراءته قصة بعد قصة ، لأن كل واحدة منها تعرفنا على ظواهر فيزيائية (طبيعية) معقدة لا يستطيع الطفل فهمها دائما . وبعد الانتهاء من قراءة القصة من الضرورى مساعدة الطفل فى إجراء التجارب والمراقبات المشروحة فيها ، وتوجيه الاسئلة للطفل وبحث أجوبتها

معه . وهذا الأسلوب فى القراءة يساعد الطفل على فهم المعلومات التى يحصل عليها ويساعده كذلك على التفكير المنطقى وحب الاستطلاع وحضور البديهة .

ومن الضرورى أن يشرف الكبار على كافة التجارب التى يقوم باجرائها الصغار . فهذا ضرورى لسببين : أولهما — لكى تجرى التجارب بصورة صحيحة وتنتهى بنجاح ، وثانيهما — من أجل مراعاة شروط «الأمن الفنى» . ويجب أن يكون موقف الكبار جديا بشكل خاص من إجراء التجارب المشروحة فى فصول : «الضوء» ، «القصور الذاتى والدفع النفثى» ، «الكهرباء والمغناطيسية» .

لا بد أن يكون التعرف على مادة الفيزياء عملا لطيفا وباعثا للسرور . لذا فلا داعى لإجبار الطفل على ذلك عندما تنعدم عنده الرغبة فى تعلم الفيزياء بالذات . ولا يجوز فى أى حال من الأحوال إعطاء الدراسة بواسطة هذا الكتاب طابعا يشبه الدروس المدرسية . وكلما كان الصغار يلهون بالتجارب بلا تكلف زادت الفائدة منها . وكيلا نعتم على المعنى الأساسى للقصة بمعلومات وفيرة أخرى ولكى نساعد الطفل على تفهم جوهر الظواهر الطبيعية أهملنا عمدا المعلومات الثانوية فى القصص الخاصة بالمطالعة الأمر الذى جعلنا نعطى تفسيرا إضافيا بعد كل قصة . ويمكّن هذا التفسير الكبار من الحصول على بعض النصائح فيما يخص الناحية الفنية للتجارب ويذكرهم بكل ما كانوا قد نسوه فى الفيزياء .

وربما تكون هذه المواد غير كافية لأولئك الذين درسوا الفيزياء منذ زمن بعيد وللذين لا يعرفون عنها سوى القليل . وفى هذه الحالة ننصحكم بالرجوع إلى كتاب الفيزياء المدرسى . ومن الضرورى أن تعتمدوا عند دراستكم بكتاب «الفيزياء للصغار» على تجربتكم الذاتية وعلى العلاقة الناشئة بينكم وبين الصغار ، لأنكم أكثر معرفة بأطفالكم ولأنهم ألفوكم واعتادوا على طريقة معاملتكم لهم .

سيكون النجاح حليفكم
إذا أقبلتم على هذا العمل بأسلوب
إبداعى خلاق
واحترمتم العالم الداخلى للطفل .

أتمنى لكم النجاح من صميم القلب !

على الطابق الذى أعيش فيه تقيم عائلة مثيرة للاهتمام . وهى تتكون من أب وأم مختصين فى علم البراكين ، وبنت اسمها ايريشكا وهى تلميذة فى الصف الأول ، وابن اسمه ليونيا يأخذونه يوميا إلى روضة الأطفال .

فى العام الماضى سافر الوالدان فى بعثة علمية وتركا ايريشكا وليونيا مع ابنة عمهما تانيا ، وهى طالبة فى معهد الموسيقى . كان يروق للطفلين البقاء مع تانيا ، ذلك لأنها تبتدع دائما ألعابا جديدة . وهذه الألعاب ليست شيقة ومثيرة فحسب ، بل هى مبنية على أساس علمى ايضا ، الأمر الذى نادرا ما نصادفه .

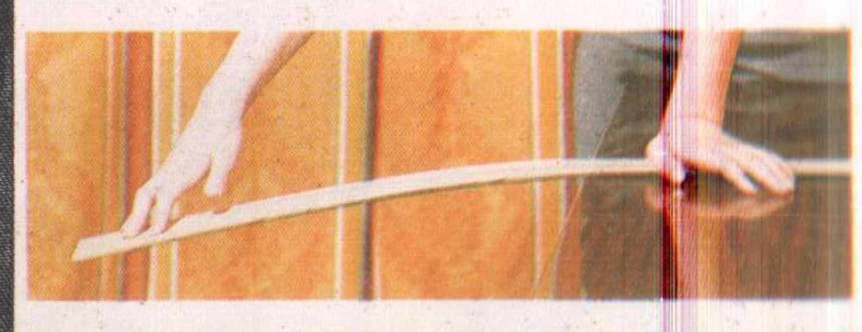
ولذا قررت تأليف كتاب حول هذه الألعاب ، حتى يكون بوسعكم معرفة السبب الذى يجعل الأسطوانة تغنى ، وكيف يمكن عمل محرار من قنينة زجاجية ، ولماذا تحتاج السفينة إلى شراع . . .

على هذه الأسئلة والكثير غيرها يجيب علم الفيزياء الذى ستخطون أولى خطواتكم فيه بعد أن تقرأوا كتاب «الفيزياء للصغار» .


الصوت
الاهتزاز والأصوات
هاتف من علبتي الكبريت
كيف نكبر الصوت ؟
ما حاجة الأرنب إلى الأذنين الطويلتين ؟
كيف يمكنك رؤيــة صوتك ؟
لماذا تغني الأسطوانة ؟
الصدى
СПИЧКИ

الاهتزاز والأصوات

تانيا فى المطبخ تحضر طعام الغداء ، وايريشكا تقرأ كتابا ، أما ليونيا فكان فى حيرة من أمره ، لا يعرف بأى شىء يشغل نفسه . اقترب من طاولة الرسوم الهندسية ، فلاحظ عليها مسطرة خشبية طويلة . زحزح المسطرة حتى تدلى طرفها من حافة الطاولة ، ثم نتل الطرف المتدلى (أى شده وتركه) فأخذ يهتز





لوحده . قصّر ليونا الجزء المتدلى من المسطرة ونتله من جديد فأخذ يهتز بأسرع من ذى قبل . جعل هذا الجزء أقصر مرة أخرى ونتله من جديد فإذا به يصدر طنينا .

جاءت تانيا من المطبخ وتقدمت من الطاولة وأخذت تتفحص المسطرة بيدها . وضعت إحدى نهايتى المسطرة على حافة الطاولة

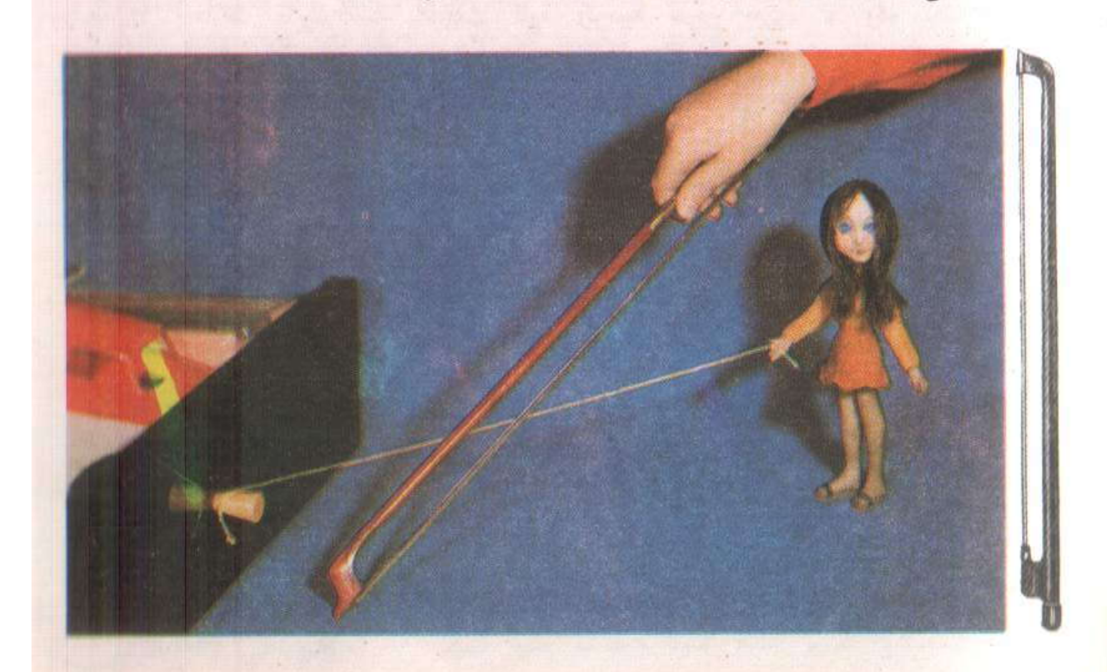


وضغطت عليها براحة يدها ومن ثم نتلت النهاية الأخرى بيدها الثانية فأخذت المسطرة تطنطن .

قالت تانيا :

— إذا كانت تهتز ، فلا شك أنها تطنطن أيضا .

جعلت تانيا الطرف المتدلى من الطاولة أقصر من ذى قبل ونتلته من جديد ، فأخذ يهتز بسرعة كبيرة ويصدر صوتا رفيعا . جعلت تانيا هذا الجزء أطول من ذى قبل ونتلت نهايته فوجدت أنه يتحرك أبطأ من السابق ويصدر صوتا غاضبا .



كان ليونيا وايريشكا يراقبان باهتمام كبير كل ما تقوم به تانيا . وأخيرا تكلم ليونيا معربا عن رأيه :

— يظهر أنه كلما كان طرف المسطرة أقصر ، كان الصوت الذى تصدره أرفع ، وكلما كان طرفها أطول ، كان الصوت أكثر غضبا ، أليس كذلك ؟

وقالت تانيا مؤيدة :

— أجل ، هذا صحيح ، ويمكن أن نبتدع شيئا آخر أيضا . . . هل يوجد عندكم سلك معدنى ؟

أجابها ليونيا : — نعم . وجاء بسلك معدنى رفيع .

أخذت تانيا أحد طرفى السلك وربطته بدرج طاولة الكتابة وشدتـه قليلا ، ومن ثم نتلت السلك من وسطه ، فأخذ يصدر طنينا . قامت تانيا بشد السلك أكثر من ذى قبل ونتلته من وسطه ثانية فإذا به يصدر صأصأة رفيعة . أخذت تانيا تشد السلك تارة وترخيه تارة أخرى ، وهو يصأصئ بصوت رفيع مرة ويدوى بصوت غاضب مرة أخرى .

وفيما كانت تانيا تعمل ذلك انطلقت ايريشكا إلى غرفة الأطفال وعادت بقوس الكمان . أخذت ايريشكا تمرر القوس على السلك أما تانيا فكانت تشده تارة وترخيه تارة أخرى . وحصلت عندهم معزوفة غنائية معروفة . كان الجميع فى غمرة من الضحك والسعادة ! ثم حل الهدوء فقالت تانيا للصغيرين :

— ضعا اصبعيكما على حنجرتيكما برفق . وبعد ذلك أطلقا صياحا .

فبدأ كل منهما فى الصياح بصوت رنان . كانا يصيحان ويشعـران باهتزاز حنجرتيهما .

وبالمناسبة إنك أيضا تتمكن من القيام بكل ما فعلته تانيا واريشكا وليونيا .

عند إجراء التجارب المشروحة فى هذه القصة ، لا بد من تركيز انتباه الطفل على أن الصوت يصدر فقط من الأجسام المهتزة . قد يسأل الطفل : لماذا لا تصدر كافة الأجسام المهتزة صوتا ؟ فعلى سبيل المثال ، إذا هززنا أيدينا لن نسمع شيئا . ذلك لأن آذاننا تسمع الأصوات فقط عندما يكون تردد اهتزاز الجسم أكثر من ٢٠ هزة (ذبذبة) وأقل من ١٦ ألف هزة فى الثانية . علما بأنه كلما ازداد تردد الاهتزاز كان الصوت الذى نسمعه أعلى . ويجب أن نفسر للاطفال ان الاصوات الغليظة و«الغاضبة» تسمى واطئة كأصوات الدببة وأفراس النهر والنمور وغيرها . وأوطأ صوت عند الرجال هو صوت الباص ، اى الصوت الجهير ، أما أوطأ صوت عند النساء فهو الصوت الرنان .

وتسمى الأصوات الرفيعة بالاصوات العالية ، وهى تكون عند الجرذان والطيور والأرانب وغيرها . وأعلى صوت نسوى بالمصطلحات الموسيقية هو صوت السبرانو ، أما أعلى صوت رجالى فهو صوت التينور .

إن التجربة التى أجريناها على مسطرة الرسوم الهندسية يمكن إجراؤها على مسطرة عادية . فى هذه الحالة يجب أن نضم أحد طرفى المسطرة إلى الطاولة ضما محكما ، حتى لا يتمكن من التحرك عند اهتزاز الطرف الثانى المتدلى من الطاولة ، وإلا فسيكوّن ذلك انطباعا غير صحيح لدى الطفل حول أسباب نشوء الصوت . ومن الضرورى أن نحصل على وضع للمسطرة تصدر عنده صوتا مخمليا يشبه صوت آلة الكونتروباص (الكمان الأجهر) عندما يعزف عليها بأصبعين .

أما بالنسبة للتجربة التى أجريناها على السلك وقوس الكمان ، فيمكن إجراؤها من غير قوس الكمان ، بالعزف على السلك بأصبعين . ولكى يصدر السلك أصواتا مختلفة من حيث الارتفاع ، فلا بد من شده بدرجات مختلفة . وبعد محاولات قليلة ستتمكنون حتما من عزف بعض المعزوفات الموسيقية البسيطة . ومن المهم جدا أن يعيد الأطفال هذه التجربة بأنفسهم .

هاتف من علبتى الكبريت

فى أحد الأيام جاء مصلح الهاتف لنصب هاتف فى بيتنا . وعندما انتهى هو من ذلك ، قال ليونيا وهو ينظر إلى الهاتف الجديد :

— ليت لنا مثل هذا الهاتف !

— أليس هو لكم ؟ فلمن نصبته يا ترى ؟ إنه لكم من الآن فصاعدا .

— نحن لا نريد هذا الهاتف بالذات ، بل واحدا خاصا بنا ، حتى أتمكن من الاتصال من مقر عملى فى المعمل بايريشكا فى المستشفى .

— وأين المستشفى والمعمل ؟

— المستشفى على الأريكة والمعمل فى غرفتنا

وقال المصلح وهو غارق بالتفكير : — ما العمل إذن ، هل عندكم علبتا كبريت ؟

— نعم .

— وخيط ؟

— عندنا خيط أيضاً .

— إلىّ بها !

أخذ المصلح الخيط ولضمه فى الإبرة وسحب غطاء علبة الكبريت ثم أفرغها من عيدانها وخرق قاعها بالابرة وسحب الخيط منها بعد ذلك . وحتى لا يفلت الخيط من العلبة ربط طرفه بعود ثقاب . وكرر المصلح هذه العملية مع الطرف الثانى من الخيط وعلبة كبريت أخرى . وعندما انتهى من ذلك أعطى كلا منهما علبة وقال :

— قفى يا ايريشكا هنا ، أما أنت يا ليونيا فأسرع إلى معملك .

أخذت ايريشكا علبتها وبدأت تنتظر ، بينما أسرع ليونيا إلى غرفة الأطفال . وقف فى الغرفة عندما صار الخيط بين العلبتين مشدودا كالوتر . قرب ليونيا العلبة من شفتيه ، أما ايريشكا فقربت علبتها من أذنها .

— ايريشكا ، هل تسمعيننى ؟

— أسمعك جيدا حتى بدون الهاتف .



فقال المصلح : — إذن سدى أذنك الأخرى .

فسدت ايريشكا أذنها براحة يدها .

صاح ليونيا مرة أخرى :

— ايريشكا !

قربت ايريشكا علبة الكبريت من شفتيها وقالت :

— أما الآن فأسمعك فى الهاتف جيدا .

وأخذت تناديه :

— ليونيا ! . . آه !

فسأل المصلح :

— ماذا بك ؟

— أحس بوخزة فى أصبعى .

— ما الذى يخز أصبعك ياترى ؟

— قاعدة العلبة .

— أى أنها تتذبذب ؟

— أجل .

وأضاف المصلح قائلا : — القاعدة تتذبذب وترغم الخيط على التذبذب أيضا .

فاشترك ليونيا فى الحديث وقال بصوت عال :

— أنا أعرف !

قال المصلح مستفسرا :

— ما الذى تعرفه ؟

— الرعشات تدب فى الخيط متجهة إلى علبتى ، فتجبر قاعدتها على الارتعاش أيضا ، فيحصل صوت من جديد .

— هذا صحيح . ولكن إذا كنا نتكلم بدون هاتف ، فكيف يصل صوتى إلى مسمعك ؟ فليس هناك خيط حتى يدب فيه ، ما الذى يرتعش فى هذه الحالة اذن ؟

غرق الطفلان فى تفكير عميق ، ثم قالت ايريشكا : الهواء يرتعش . وحتى تشعر بذلك المس حنجرتك بأصبعك .

ففعل المصلح ذلك .

— أما الآن فقل «ررر» .

فكرر المصلح : «ررر» .

— ألا تشعر كيف ترتعش حنجرتك ؟

— بلى .

— إذن ، عندما نتكلم ، تأخذ حنجرتنا بالارتعاش ، فيبدأ الهواء الملامس لها بالارتعاش أيضا ، وتسرع الموجات فى الهواء كما يحصل ذلك فى الماء . إلا أننا لا نرى هذه الموجات بل نسمعها .

قال المصلح مودعا إياهما بابتسامة :

— لا يسعنى إلا أن اقول لكما ، إنكما شاطران !

اصنع أنت ايضا هاتفا من خيط وعلبتى كبريت .

تحدث مع أحد زملائك بواسطة هذا الهاتف وضع أصبعك على الخيط .

هل سيسمعك زميلك ؟

لماذا لا يصل الصوت إلى العلبة الثانية إذا لمست الخيط بأصبعك ؟

عندما نحضر لعبة الهاتف لابد من أن نركز انتباه الطفل على أن الخيط المشدود بين العلبتين لا يجب أن يمس أى شىء ، بما فى ذلك أصابعنا التى نمسك العلبتين بها . ومن الضرورى أن نشرح للطفل بان الخيط إذا مس حاجة ما ، فإن الاهتزاز الحاصل فيه سينتقل إلى تلك الحاجة ، ومن ثم يكف عن الانتشار ، لذا لا يسمع الصوت فى العلبة الثانية .

ولتحضير مثل هذا الهاتف يمكن استعمال أى علبتين من قياسات مناسبة ، كعلبة الدبابيس مثلا . وكتب لى أحد الأطفال أنه استعمل بدلا من الخيط سلكا بدون عازل طوله ٤٠ خطوة . وقام بهذه التجربة مع زملائه فى فناء البيت وكانت اصواتهم مسموعة جيدا .

يجب أن نبين للأطفال بأن الصوت ينتقل ليس فقط بواسطة الخيط وانما عن طريق الحاجيات الاخرى أيضا . إذا كنا نسبح فى النهر ونغطس حتى تصبح آذاننا تحت مستوى سطح الماء ، فإننا نتمكن من سماع الصوت الحاصل عن حركة الناس القريبين منا او صوت دوى مكنة القارب البخارى وغير ذلك .

وينتقل الصوت جيدا بواسطة المعادن ايضا . وللتأكد من ذلك يكفينا أن نطرق أنبوب الحنفية الموجودة فى شقتنا ، فنرى أن الصوت يسمع جيدا فى الشقة المجاورة ، حيث يمتد هذا الأنبوب . لذا فلا داعى لعمل ذلك عمدا ، إذ أن الصوت سوف يسمع ليس فقط فى الشقة التى ترغب أن يصل اليها ، بل وفى الشقق المجاورة الأخرى أيضا .

وثمة تجربة لطيفة شرحتها لنا بنت صغيرة فى رسالة بعثتها إلينا . رمت أم هذه البنت حجارة فى حوض للاستحمام مملوء بالماء . أما هى فوضعت أذنها على جدار الحوض فكانت تسمع كيف تصطدم

الموجات الدائرية المنتشرة بجدار الحوض . وهذا مثال واضح يبين لنا كيف تنتشر الموجات الصوتية وتصل إلى آذاننا .

عندما نشرح هذه التجربة للطفل من الضرورى أن نبين له بأنه يسمع صوت الحجر الساقط فى هذه الحالة مرتين . ففى البداية يسمع الصوت الذى تنقله إليه الموجات الصوتية ، التى تكون فى الماء ، كما هى عليه فى الهواء ، غير مرئية وتنتشر بسرعة عالية . ومن ثم يرى موجات عادية تنتشر على سطح الماء بشكل دوائر تحيط بموقع سقوط الحجر . وأخيرا تصل هذه الموجات إلى جدار الحوض فيسمعها هو . ومن الضرورى أن نشرح للطفل بأن الموجات الصوتية لا يمكن رؤيتها لا فى الماء ولا فى الهواء ، أما تجربة الموجات على سطح الماء فإنكم قمتم بها حتى يفهم هو جيدا ، كيف ينتشر الصوت فى كافة الاتجاهات سواء كان ذلك فى الماء أو الهواء أو أية مادة أخرى .

كيف نكبر الصوت ؟

ذات مرة ابتدع ليونيا لعبة جديدة ، هى المشط بذاته . نتل إحدى أسنانه فنراها تصأصئ . غير أن هذه الصأصأة خافتة . أخذ ليونيا المشط وقربه من أذنه ، فأصبحت الصأصأة تسمع جيدا . إلا أنه توجد هناك صعوبة : ليونيا يسمع هذه الصأصأة جيدا ، فى حين أن ايريشكا التى تجلس وراء الطاولة وترسم ، لا تسمعها البتة . فقرب المشط من جبهته وكان هذه المرة أيضا يسمع الصأصأة جيدا لوحده . وأخيرا حزر بأنه يجب تقريب المشط من الطاولة ، فقربه منها ونتل إحدى أسنانه ، فإذا به يصأصئ عاليا . حولت ايريشكا نظرها عن الرسم وصارت تراقب ما يفعله ليونيا . بدأ ليونيا يقرب المشط إلى كل ما يقع تحت بصره : إلى الشباك ، والبـــــاب ، والبيانو ، . . . وكل مرة عندما يقرب المشط من حاجة صلبة ، كان المشط يصأصئ اعلى ، وعندما يبعده ، كانت الصأصأة أوطأ .

اهتمت تانيا أيضا بهذا الاكتشاف . فأخذت قطعة من الورق ولفتها على شكل بوق وقالت لليونا :

— قرب المشط من البوق .

فقربه ليونيا ونتل إحدى أسنانه ، فإذا به يصأصئ عاليا . صاح الكل :





— عظيم !

قالت تانيا سائلة :

— لماذا تصبح الصأصأة عالية عندما نقرب البوق من المشط ؟



لم يتمكن الصغيران من تفسير ذلك ، فأخذت هى تشرح لهم قائلة :

— عندما تبدأ سن المشط بالاهتزاز ، فإنها تحرك الهواء المحيط بها أيضا . غير أن السن صغيرة ، وهذا يعنى أنها تحرك هواء قليلا ، فلذلك يكون الصوت الذى تصدره غير عال .

وهنا قالت ايريشكا :

— عندما قربنا المشط من البوق ونتلنا إحدى أسنانه ، أخذ البوق يهتز أيضا . وبما أنه كبير ويحرك كمية من الهواء أكبر ، فإن الصوت الذى يحصل يكون أعلى .

قال ليونيا سائلا :

— إذن والطاولة تهتز أيضا ، عندما نقرب المشط منها ؟

فرجته تانيا قائلة :

— ضع أصبعك على الطاولة .

وضع ليونيا أصبعه على الطاولة ، فأخذت تانيا المشط وقربته من الطاولة إلى جانب أصبع ليونيا ، ونتلت إحدى أسنان المشط وسألت :

— ماذا ؟ هل الطاولة تهتز أم لا ؟

فأجاب ليونيا مندهشا :

— أجل ، إنها تتحرك قليلا .

وأسرعت ايريشكا بالطبع لتفسر ذلك قائلة :

— مع أن الطاولة تحركت قليلا بسبب المشط ، فهى لكبر حجمها حركت كمية من الهواء أكبر بكثير من الكمية التى تحركها سن المشط ، ولذا فالصوت الحاصل يكون أعلى .

وبعد أن فهم الكل السبب الذى يجعل الصوت يكون عاليا ، أخذوا عصا ودقوا فى كل طرف من طرفيها مسمارا واحدا ، ثم

شدوا بين المسمارين سلكا معدنيا وربطوا عند الطرف الأسفل للعصا بوقا من الورق . وجاءت تانيا بقوس الكمان وأعطته لايريشكا ، ثم قالت :

— ها قد حصلنا على فيولونشيل رائع !

جلست تانيا أمام البيانو ، وأخذت ايريشكا قوس الكمان بإحدى يديها وضغطت بأصابع يدها الأخرى على الوتر — السلك المعدنى ، أما ليونيا فكان يمسك بالبوق حتى لا يقع على الأرض . بدأ الجميع يعزفون معزوفة معروفة .

انبعث الصوت من آلة الفيولونشيل التى صنعوها وكأنه زمجرة دب جائع أيقظوه من سباته الشتوى الطويل . آلة الفيولونشيل تزمجر ، وكل شيء على ما يرام — فصوتها عال ومضحك !

لكى نصنع آلة الفيولونشيل ، الأفضل أن نأخذ عصا طويلة ذات مقطع دائرى أو مستطيل . ويجب أن يكون سمك هذه العصا كافيا لكى يتمكن الطفل ، دون أن يبذل أى جهد يذكر ، من احتوائها بأصابع يده ، كما يحتوى عازف القيثارة دستانها بأصابعه . ومن الضرورى أن ندق مسمارا صغيرا فى الطرف العلوى للعصا ونربط فيه سلكا من الفولاذ يتراوح قطره بين ٠,٥ — ١ مم . ولهذا الغرض الأفضل أن نأخذ وتر الباص (يجب أن يكون مفتولا) . وفى الطرف الأسفل من العصا ندق مسمارا آخر ونربط فيه الطرف الثانى من السلك بعد أن نشده . وفى نفس الوقت الذى نقوم فيه بشد السلك نحركه بأصابع يدنا حتى نحصل على صوت واطئ ذى نغمة ناعمة . وبعد ان نشد الوتر نثبت بوقا ورقيا بواسطة دبوس ، على مسافة لا تزيد عن خمسة مليمترات من المسمار الثانى ، وأحسن المواد التى يمكن استعمالها لهذا الغرض ورق الرسومات الهندسية أو الكرتون . ومن الأفضل أن نعمل بوقا كبيرا من ورقة كاملة . أما الطرف الواسع للبوق فيجب ربطه فى الطرف الأعلى من العصا . ويمكن العزف على آلة الفيولونشيل هذه إما بواسطة قوس الكمان أو الكشتبان . ولكى لا يمس الوتر العصا ، عند

العزف عليه ، من الضرورى أن نضع بالقرب من كل مسمار عود ثقاب واحدا ، أو نلبس على العصا بالقرب من كل مسمار حلقة نصنعها من سلك سميك . وإذا وجدت عندكم فى البيت آلة موسيقية كالبيانو أو القيثارة أو الأكورديون أو غيرها من الآلات الموسيقية الأخرى ، فحاولوا أن تعزفوا على آلة الفيولونشيل بمرافقة عازف آخر على إحدى هذه الآت .

ويمكن أن نعمل مع الأولاد سوية عدة «آلات» موسيقية أخرى . ضعوا على الطاولة عدة كؤوس أو أقداح (ما بين سبعة وعشرة) ومن الأفضل ألا تكون مضلعة وإنما ملساء . صبوا فيها ماء بكميات مختلفة . عندما تصبوا الماء فى القدح دقوا على حافته من حين لآخر بواسطة قلم الرصاص . فى هذه الحالة سنشعر بأنه كلما نملأ الأقداح بالماء أكثر يصبح الصوت المنبعث أوطأ ولا بد من أن نهتم بالا تتكون فقاعات الهواء على جدران الاقداح ، ذلك لأن هذه الفقاعات تجعل الصوت خافتا وضئيلا . ويمكن بكل سهولة إزالة هذه الفقاعات بتمرير الأصبع على جدار القدح . وكيلا تتكون هذه الفقاعات نصب فى الأقداح ماء مغليا ودافئا .

باستعمال آلة البيانو أو الاكورديون او سنطور صغير خاص بالأطفال أو بالاعتماد على السمع وحده رتبوا دوزنة الأقداح حسب السلم الموسيقى ، مثلا دو ماجور ، ومن ثم جربوا عزف شيء ما على مثل هذه «الآلة» الغريبة .

ويمكن أن نصنع سنطورا لا بأس به من عيدان الصنوبر اليابسة . ولأجل أن يكون طنين هذه العيدان جيدا ، يجب أن نضعها على قطعتين من الكرتون مستطيلتى الشكل ومثنيتين . ترتب العيدان كما يلى : إذا كان يراد من الصوت أن يكون عاليا فيجب فى هذه الحالة تقصير العود بقصه من نهايته ، وإذا كان يراد منه أن يكون منخفضا ، فيجب جعل العود

رفيعا عند منتصفه . ويعزف على هذا السنطور (الزيلوفون) بواسطة مطرقة خشبية مثبتة على عصا رفيعة . ويجب أن لا تكون الضربة قوية وإنما خاطفه ، حتى يتسنى للمطرقة أن ترتد إلى أعلى .

ويمكن بواسطة مسامير القلاووظ (البراغى) ربط قطعتين سميكتين من المعدن او البلاستيك او التيكستوليت (بسمك ٤ — ٥ مم) وحصر مساطر خشبية مدرسية بينهما . وبعد دوزنة هذه المساطر بمساعدة آلة البيانو نحصل على «كنتروباص» فريد فى نوعه . ولا بد من وضع آلة «الكنتروباص» هذه على الطاولة التى ستكون فى هذه الحالة بمثابة مرنان مضخم للصوت .

ما حاجة الأرنب الى الأذنين الطويلتين ؟





عندما كان الأولاد يتنزهون فى الغابة رأوا صبيا واقفا ، فى يديه بوقان من الورق يضمهما إلى أذنيه ويسمع شيئا ما . فطلبوا منه هذين البوقين وأخذوا يستمعون إلى أصوات الغابة . كان النهار مشمسا والطيور تغرد والنحل والبعوض تطنطن — فما أجمل ذلك . وكان نباح الكلاب يتهادى من القرية البعيدة . وسمعوا خوار البقرة كذلك . إن الضوضاء والأصوات الرنانة تسود الغابة . فيمكننا سماع نقيق الضفادع فى المستنقعات ، ودوى مكنة الجرار من بعيد . وحالما نبعد البوقين عن أذنينا ، يحل الهدوء ، وكأنك فقدت سمعك وليس هناك سوى عصفور واحد يحوم فوق رأسك مشقشقا .

أعجب الاولاد كثيرا ، بهذين البوقين فقاموا أيضا بعمل آخرين مثلهما من قطعتى كرتون كبيرتين . ولكيلا يتغضنا ويدعكا أخاطوا طوقا من البلاستيك فى نهاية كل منهما .

جاء ليونيا وايريشكا إلى الغابة ثانية . ضمت ايريشكا البوق إلى أذنها ، اما ليونيا فأخذ بوقه وانطلق راكضا إلى الناحية الثانية من الفسحة الواسعة وتوقف بعد زهاء ٣٠٠ خطوة . قرب البوق من شفتيه وصاح عاليا :

— ايريشكا ! ! !

فقفزت هى تاركة بوقها جانبا ، فقد خيل إليها أن ليونيا صاح فى أذنها مباشرة . فأخذت بوقها وصارت تقول همسا :

— تكلم بهدوء يا ليونيا .

كان ليونيا يسمع ايريشكا وكأنها تهمس فى أذنه مباشرة . لذا أدرك بأنه لا يجوز الصياح فى مثل هذا البوق ، وصار يجيب ايريشكا بصوت هادئ :

— حسنا يا ايريشكا .



كانت هى على وشك أن تقول له شيئا ، إلا أن فرقعة دوت فى السماء آنذاك ومنعتها من الكلام . وكان واضحا تماما ومن غير البوق ، أن ذاك هو الرعد . فتطلعوا إلى السماء وإذا بسحابة هائلة بدأت تحجب الشمس .

صاحت تانيا وقد اختبأت مع ايريشكا تحت الشجرة :

— أسرع إلى هنا يا ليونيا !

وما أن جاء ليونيا راكضا ، حتى انهمر وابل مفزع من المطر كأفواه القرب . كان ليونيا شديد العطش فلم يتمالك نفسه ، ووقف تحت المطر فاغرا فاه ، ليتلقف قطرات الماء الساقطة ويروى ظمأه . ضحكت تانيا واخرجت قدحها السفرى فوضعته على العشب .

بالطبع قطرات المطر التى تقع فى القدح أكثر مما يقع فى الفم المفتوح ، ومع ذلك فهى قليلة جدا وسيمتلئ القدح ببطء .

وهنا حزرت ايريشكا ما يجب أن يفعلوه . فأخذت بوقها الكبير وأمسكته كالقمع بحيث كانت فوهته الكبيرة إلى أعلى وفوهته الصغيرة فوق القدح . وتساقطت فى فوهة البوق الكبيرة مباشرة كمية كبيرة من قطرات المطر ، وجميعها تجرى إلى الفوهة الصغيرة . الماء يجرى بسرعة من البوق إلى القدح وكأنه يسيل من الحنفية . ارتوى ليونيا جيدا . أما تانيا فقالت :

— أنت شاطرة يا ايريشكا ! إذن من منكما يعرف لماذا يسمع الصوت بواسطة البوق أحسن ؟

أجابت ايريشكا قائلة :

— إحدى نهايتى البوق واسعة ، يقع فيها الكثير من الصوت ، ويجتمع كله فى الأذن ، كما يحدث ذلك فى القمع .

قال ليونيا سائلا :

— ألا يعنى هذا أن أذنى الأرنب هما بوقان أيضا ؟

ردت عليه ايريشكا مسرورة :

— أجل انت على حق .

وحينما كانوا يتجاذبون أطراف الحديث انتهى المطر .

من الأفضل القيام بالتجارب على البوق خارج المدينة فى الغابة أو الحقل . ولكى لا يتغضن البوق يجب أن نثبت فى فوهته العريضة طوقا مثل الأطواق التى يستعملها الجمبازيون . وإذا جعلنا المسافة بين البوقين فى الغابة أو الحقل ١٥٠ — ٢٠٠ م ، يمكننا التحدث بواسطتهما همسا . ولا داعى لتذكيركم كيف يستفيد الأولاد من هذه الأبواق (او الأصغر منها) فى ألعابهم ، كلعبة «رجال التحرى وقطاع الطرق» مثلا .

إذا كان عندكم أنبوب من المطاط فخذوا قطعتين منه ولبّسوا إحدى نهايتى كل قطعة على الفوهة الصغيرة للبوق ومن ثم لفوا مكان التلبيس بشريط لزق ، أما النهايتان الأخريان للأنبوبين فنضعهما فى أذنينا . بواسطة مثل هذه الوسائل البسيطة الصنع يمكن سماع الأصوات البعيدة بوضوح كبير .

كيف يمكنك رؤية صوتك ؟

ذات مرة اقتحم ليونيا البيت صائحا :

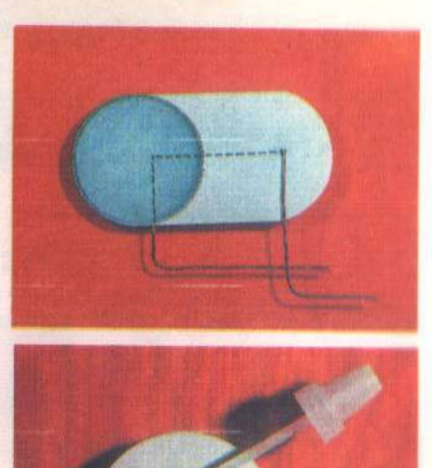
— انظروا ما أعطانى عمال البناء ! — كان يحمل بضع قطع من الزجاج مستطيلة الشكل وقد لفت بقطعة من الورق حتى لا يجرح يديه . وضع ليونيا قطع الزجاج على الطاولة ، فاجتمع الكل وأخذوا يفكرون ماذا يمكن عمله من هذه القطع الزجاجية .

وفجأة قالت تانيا :

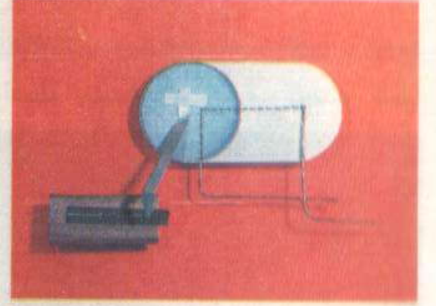
— يبدو لى أنى أعرف . هاتنى يا ليونيا بعلبة صفيح ومفتاح لها ، أما أنت يا ايريشكا فآتنى بورقة وصمغ .

جاء ليونيا بعلبة صفيح من غير غطاء . وقصت تانيا قاعدتها بواسطة المفتاح . فحصل أنبوب من الصفيح واسع وقصير . بعد ذلك قصت تانيا قرصا من الورق الخفيف ولصقته مكان القاعدة ، وبعد أن جف الصمغ رشت القرص الورقى بالماء . ثم عملت بواسطة مسمار ثقبين فى جدار العلبة وادخلت فيهما سلكا سميكا بهذا الشكل : «Π» . وفى أثناء ذلك جفت القاعدة الورقية التى كانت قد رشت بالماء وأصبحت مشدودة كالطبل . نقطت تانيا قطرة من الصمغ على منتصف القرص الورقى ووضعت على هذه القطرة بسرعة شريطا رفيعا من الصفيح ، ذا نهاية مدببة ، كأنه إبرة معقوفة النهاية ، وتركته يجف . وفيما كان الشريط يجف أشعلت

تانيا شمعة وأخذت تمرر القطعة الزجاجية فوق لهب الشمعة . وسرعان ما اسودت من جراء السخام . أخذت تانيا هذه القطعة الزجاجية ووضعتها على الطاولة بحيث كانت









3-378

الصفحة الملطخة بالسخام إلى أعلى ، ومن ثم وضعت علبة الصفيح بشكل تكون فيه النهاية المدببة للإبرة الشريطية المصنوعة من الصفيح ملامسة لسطح الزجاجة الملطخ بالسخام .

قال ليونيا سائلا وهو يتفحص هذه المكنة الغريبة :

— وما هذا ؟

فردّت عليه تانيا :

— كل ما فى الأمر ، هو أنى سأدفع بسلاسة قطعة الزجاج جانبا ، أما أنت فصح عاليا . لنستعد إذن .

سحبت تانيا القطعة الزجاجية بسرعة ، أما ليونيا فصاح عاليا :

— تا ـ ن ـ يا !

تناولت تانيا القطعة الزجاجية وأخذت تنظر من خلال الضوء . كانت النهاية المدببة للإبرة قد رسمت على الوجه المسخم من القطعة الزجاجية خطا شفافا . كان الخط فى البداية مستقيما وبعد ذلك ، ابتداء من منتصفه ، أصبح متعرجا .

قالت تانيا :

— عندما كان ليونيا صامتا ، كان الخط مستقيما ، وما أن بدأ بالصياح حتى صار الخط متموجا . ما سبب ذلك ؟

أجابت ايريشكا قائلة :

— إنى أعرف لماذا . عندما صاح ليونيا ارتعشت الورقة وارتعشت الابرة المصنوعة من الصفيح ، ولذا صار الخط متعرجا .

أخذ ليونيا قطعة الزجاج وتفحصها أيضا . وبعد ذلك قال سائلا :

— هذا رسم صوتى ؟

ردت عليه تانيا ضاحكة :

— أجل هو كذلك !

فقال ليونيا : — تعالوا لنرسم صوتيكما أيضا .

ردت عليه تانيا وايريشكا متفقتين معه بالرأى : — طيب .

وضعوا قطعة الزجاج على الطاولة ، وجعلوا النهاية المدببة للابرة المصنوعة من الصفيح تلامس الجهة الملطخة بالسخام لقطعة الزجاج . سحبت تانيا هذه القطعة الزجاجية أما ايريشكا فصاحت :

— ل . . يو . . نيا !

قال ليونيا وايريشكا :

— الآن حان وقتك يا تانيا .

فاقتربت هى من العلبة واستعدت لتفعل ذلك . بدأت ايريشكا بسحب قطعة الزجاج . أما تانيا فصاحت :

— اي . . ري . . شكا !

راجع رسم قطعة الزجاج الملطخة بالسخام . هل ترى هناك ثلاثة خطوط متعرجة ؟ إنها تختلف عن بعضها ، لأنه على الناحية اليسرى سجل «تانيا» ، وفى الوسط — «ليونيا» ، وعلى الناحية اليمنى — «ايريشكا» . تفحص الرسومات الموجودة فى الكتاب جيدا ، وعد قراءة هذه القصة من جديد ومن ثم حاول تسجيل صوتك بنفسك على قطعة زجاج مسخمة مستخدما بذلك علبة صفيح بعد ان تصنع لها قاعدة ورقية مشدودة وإبرة من الصفيح .

إن تحضير جهاز تسجيل الصوت على قطعة زجاج مسخمة أمر ليس بالسهل ، غير أن ما ستحصلون عليه سيعوض عن كل متاعبكم .

إن التركيب العام لجهاز التسجيل هذا مفهوم من الرسم . والطبلة التى استعملت مصنوعة من الورق ويمكن لصقها على العلبة المعدنية بواسطة الصمغ . وبدل العلبة المعدنية يمكن ان نأخذ علبة من الكرتون (أسطوانية الشكل) أو نعملها من الكرتون أو الورق السميك . أما الإبرة ، بالأصح الشريط الرفيع من الصفيح ، فتلصق على الطبلة الورقية بالصمغ وقطع صغيرة إضافية من الورق . من الضرورى أن تكون الطبلة مشدودة جيدا ، قبل أن تلصق عليها الإبرة ، ولهذا الغرض يجب أن ترش بالماء وتترك حتى تجف .

ولكى تتمكن الإبرة من نقل تذبذب الطبلة جيدا ، يجب إعطاؤها شكلا كما هو موضح فى الرسم . وحتى تكون عملية التسجيل موفقة ، يجب أن يكون ضغط الابرة على الطبلة قليلا قدر الإمكان . وللتوصل إلى هذه النتيجة من الضرورى موازنة العلبة بواسطة الطين الاصطناعى بلصقه على الجانب الآخر منها .

وبما أن تسجيل الصوت يتطلب صياحا عاليا نسبيا ، فإن ارتفاع النغمة سيكون عاليا أيضا . لنفترض على وجه التقريب أن التردد يساوى ٦٠٠ ذبذبة فى الثانية . وهذا يعنى أننا لو حركنا القطعة الزجاجية بسرعة ٦٠٠ مم/ثانية ، فإن طول الذبذبة الواحدة عند التسجيل سيساوى مليمترا واحدا . وبالرغم من أن الـ٦٠٠ مم/ثانية هى سرعة غير كبيرة ، فإنه لا يسعنا بالطبع أن نسجل على ممر واحد ، سوى «صيحة» قصيرة . فإذا كان عندكم جهاز جراموفون (حاك) (بسماعة أو بدونها) يمكن أن نعمل ما يلى : ضع إبرة الحاكى على الأخدود الأخير غير الحلزونى للأسطوانة ومن ثم اصرخ عاليا فى بوق جهاز الجراموفون أو فى الفتحة العريضة الموجودة على الوجه الأعلى من صندوق جهاز الجراموفون ، إن كان هو من غير بوق ، وحالما تفعل ذلك ستسمع صأصأة ضعيفة ما هى إلا تسجيل لصوتك على الأسطوانة . ناقش مع طفلك كيف حصل هذا التسجيل .

لماذا تغنى الأسطوانة ؟

أرادت ايريشكا مرة أن تصغى إلى بعض الأسطوانات ، إلا أن جهاز الحاكى قد تعطل . فزمت شفتيها منزعجة . وفيما هى كذلك قالت تانيا :

— تفحصى الأسطوانة بواسطة العدسة المكبرة .

أخذت ايريشكا الأسطوانة وبدأت تتفحصها بواسطة العدسة .

قالت تانيا سائلة :

— هل ترين أخاديد صغيرة ؟



— نعم .
— ما شكلها ، هل هى مستقيمة أم متعرجة ؟
— متعرجة .
— والإبرة ، هل تدب على الأخاديد المتعرجة بسلاسة أم إنها تهتز ؟
— فى أغلب الظن تهتز .
— إذا كانت تهتز ، فهذا يعنى أنها . . .
— تصأصئ . . . قالت ايريشكا ذلك والابتسامة ترتسم على وجهها .

تناولت تانيا بوقا ورقيا وغرزت فى طرفه الرفيع إبرة للخياطة ، ومن ثم أدخلت قلم رصاص فى ثقب الأسطوانة وقالت :

— سأدوّر الأسطوانة ، أما أنت فامسكى بالبوق .

شرعت تانيا بتدوير القلم ومعه أخذت الأسطوانة تدور . تناولت ايريشكا البوق الورقى ووضعت الإبرة المغروزة فيه على الأسطوانة ، فإذا بها تغنى أغنية معروفة : «اين كنت يا عصفور ؟ أين بنيت عشك ؟ . . .» .

إنه لمن الصعب جدا فى هذه الحالة تدوير الأسطوانة بسرعة منتظمة ، فهى تدور مرة بسرعة ومرة ببطء ، ولذا فالأغنية تنطلق بصوت مضحك ، تارة بصوت عال كالعندليب وتارة بصوت جهير كالدب . وما أن سمعت ايريشكا هذه الأصوات المضحكة حتى بدأت تقهقه وقد تحسن مزاجها فى الحال .

قم بإجراء هذه التجربة بواسطة الأسطوانة والقلم والبوق والإبرة . وحاول تدوير الأسطوانة بسرعات مختلفة . لماذا يحصل الصوت مرة عاليا ومرة واطئا ؟

إن التجربة بواسطة تدوير الأسطوانة فى غاية البساطة . والمهم ألا تنسى أنه يمكن بمثل هذه الطريقة ومن غير ضرر ، أن نستمع الى الأسطوانات الاعتيادية غير الكبيرة . أما الأسطوانات الكبيرة فهى تتلف بسرعة عند استعمال الإبرة أو الدبوس . زد على ذلك أن عرض الأخاديد على مثل هذه الأسطوانات يكون قليلا ، ولذا فان طرف إبرة الخياطة يستقر على أخدودين فى وقت واحد . ولكى يتحرك البوق بسهولة وطلاقة مع الإبرة التى تجرى فى الدرب الصوتى لا بد من مسكه عاليا من نهاية طرفه الآخر . وإذا كنا ندور الأسطوانة على قلم الرصاص فمن الصعب جدا التوصل إلى دوران منتظم ولذا تتداخل الاصوات . ويمكن إجراء نفس هذه التجربة بتدوير الأسطوانة على جهاز الجراموفون ، أما الصوت فنسمعه كالسابق بواسطة البوق والإبرة .

الصدى

فى أحد الأيام المشمسة الحارة كانت ايريشكا تلعب لعبة الحبل ، أما ليونيا فكان ينظر إليها . واصلت هى اللعب حتى أخطأت ، والسبب فى أغلب الظن هو حرارة الجو .

فردد ليونيا صائحا :
— أخطأت ، أخطأت !
كان يعز على ايريشكا أن تسمع ذلك ، فقالت :
— فلنذهب لأريك شيئا . .



ركض الاثنان من تحت طاق منزلهما . وصلا راكضين إلى المكان المطلوب فتوقفا . استعدت ايريشكا أولا ثم صاحت :

— آه ! ! !

وإذا بأحد ما يرد عليها من فوق بنفس صوتها ولكن بمستوى أوطأ :

آه ! ! !

فسأل ليونيا :

— من الذى يصيح هناك ؟

أجابته ايريشكا :

— إنه الصدى .

فصاح ليونيا ، كما فعلت ايريشكا ، بصوت عال وقصير :

— آه ! ! !

— ماذا تفعلان هنا ؟ لماذا تصيحان ؟

التفتا فرأيا العم ميشا ، ذلك الرجل المسن ذا اللحية الكثة العريضة ، كما فى قديم الزمان . كان يعرف فى فناء البيت بولعه الشديد فى صيد الأسماك . وكان ذا صوت غاضب ، إلا أن وجهه ترتسم عليه أمارات الطيبة والرفق .

فرد ليونيا على العم ميشا :

— الصدى هناك يصيح ، وليس نحن .

صاح العم ميشا : آ آ آ ! ! ! فإذا بصوته يعود ضعيفا من فوق :

— آه !

فقال موجها كلامه إلى ليونيا وايريشكا :

— أى صدى هذا ؟ استأذنا من تانيا وتعالا معى لاصطياد السمك . فهناك سأريكما الصدى الحقيقى !

سمحت تانيا للصغيرين ليس على الفور طبعا . . .

كان الجو قرب النهر أبرد من المدينة ، لذا ازدادوا مرحا . وكان العم ميشا قد رتب صنانيره واستعد ليغفو قليلا ، مثله فى ذلك ، مثل كافة صيادى السمك .

قال ليونيا سائلا : — أين العجوز إذن ؟ فارتعش العم ميشا وقال :

— أى عجوز ؟ — ذاك العجوز . . الصدى . قال العم متذكرا :

— آه . . . الصدى . وصاح :

— آه ! ! ! ولكن أحدا لم يرد عليه ، مهما أنصتا وأصغيا . وما أن همّ ليونيا ليسأله عن الصدى العجوز ثانية ، حتى جاء الجواب من بعيد

بصوت العم ميشا :
— آه !
قال ليونيا مستفسرا : — وما هذا ؟
فردت عليه ايريشكا : — يا لك من جاهل .
وتناولت حجرا صغيرا ورمته فى النهر فأخذ الماء يتموج على شكل حلقات تنبثق من مكان وقوع الحجر . زحفت هذه الموجات إلى الشاطئ وراحت تصطدم به وتعود فى الاتجاه المعاكس .



لعلك حزرت ، بأن الموجات فى الماء والصوت فى الهواء يشبهان بعضهما البعض لحد ما .

وكان قد فهم ذلك ليونيا أيضا ، إذ قال :
— عندما أصيح أنا يبدأ الهواء بالتذبذب . وهذا التذبذب يتسرب إلى كافة الجهات حيث يصل إلى الشاطئ فيصطدم ويعود مرتدا إلى أذنى مباشرة .
قال العم ميشا : — هذا صحيح يا ليونيا ، ولا علاقة للعجوز به !
— فيما يخص العجوز كنت أمزح لأنى لم أكن أعرف حقيقه الأمر .

لا بد من أن نلفت انتباه الصغار إلى أن الصدى ما هو إلا صوت منعكس ، فهو لا يسمع مباشرة وإنما بعد مرور قليل من الوقت . ذلك لأن الصوت لا ينتشر فى الهواء بصورة فورية وإنما بسرعة تبلغ ٣٤٠ مترا فى الثانية . وللمقارنة نقول إن طيارات الركاب النفاثة تطير بسرعة تقل عن سرعة الصوت بمرتين ، أما الطيارات النفاثة الحربية فأسرع منه .
وهناك حقيقة مثيرة أخرى : نحن نعرف ان الرعد هو صوت ينشأ عن

التفريغ الكهربائى الذى يسمى بالصاعقة . فلم إذن يكون برق الصاعقة من الناحية العملية فوريا ، بينما يسمع دوى الرعد لفترة طويلة ولأكثر من مرة وليس سوية مع الصاعقة ؟ إن تأخر الرعد يفسر بأن سرعة الصوت أقل من سرعة الضوء بمليون مرة فمن الناحية العملية نرى الضوء مع التفريغ الكهربائى فى آن واحد (سرعة الضوء تساوى ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر فى الثانية) ، فى حين يحتاج الصوت لعدة ثوان حتى يصل إلينا . إذا بدأنا بحساب الثوانى مباشرة بعد وميض الصاعقة وضربنا الوقت من لحظة وميض الصاعقة حتى أول دوى للرعد فى سرعة الصوت نحصل على المسافة بيننا وبين مكان التفريغ . والآن أصبح من السهل علينا معرفة سبب تأخرنا فى سماع دوى الرعد . فالصاعقة غالبا ما يكون طولها عدة كيلومترات . والصــوت الصادر من اقسام الصاعقة الاقرب الينا نسمعه قبل غيره . أما الصوت الصادر عن الأقسام الأبعد عنا من الصاعقة فإنه يصل إلى مسامعنا بعد بضع ثوانٍ . وإضافة إلى ذلك نسمع على مدى وقت معين الصدى المنعكس عن السحب والأجسام الأرضية الضخمة (الجبال والغابات الكبيرة وما شاكل ذلك) .

وباستخدام خاصية الصوت فى الانتشار بسرعة غير كبيرة لحد ما ، يمكن بواسطة الصدى تحديد المسافة بيننا وبين الأجسام التى يصعب علينا الوصول إليها . ولهذا الغرض من الضرورى أن نصرخ عاليا صرخة قصيرة ونقيس الفترة الزمنية بين صياحنا وصداه . ولما كان الصوت قد قطع مسافة تساوى ضعف المسافة بيننا وبين الجسم المعنى ، فمن الضرورى أن نقسم الزمن الذى استغرقه الصوت على اثنين ثم نضرب الناتج فى سرعة الصوت . فعلى سبيل المثال لنفرض أنه مرت من لحظة صياحنا حتى سماعنا للصدى ثلاث ثوان . وبما أن المسافة التى يقطعها الصوت حتى الجسم المذكور أقصر من المسافة الكلية التى يقطعها بمرتين ، فيجب أن نقسم

٣ على ٢ فنحصل على ١,٥ ثانية . وبعد أن نضرب هذه الفترة الزمنية فى سرعة الصوت (٣٤٠ مترا فى الثانية) نجد أن المسافة بيننا وبين ذلك الجسم تساوى ٥١٠ أمتار .

وعلى هذا المبدأ يستند عمل مسابر الأعماق ، التى هى عبارة عن أجهزة لتحديد أعماق البحار بالتقاط الصدى . فمسبار الأعماق يصدر اشارة صوتية قوية وقصيرة ، ومن ثم يلتقط الصدى المنعكس عن قاع البحر . وتضرب سرعة الصوت فى الماء فى الفترة الزمنية من لحظة اصدار الإشارة الصوتية حتى عودة صداها الى الجهاز ومن ثم يقسم الناتج على اثنين فتحدد بذلك المسافة الى قاع البحر . إن عمق البحريزيد أحيانا على ١٠ كيلومترات ، لذا يتعذر قياس مثل هذا العمق بواسطة المرجاس العادى الذى هو عبارة عن ثقل من الرصاص يربط بطرف حبل .



أسئلة وتمارين

١ ـــ لماذا يطن البعوض عندما يطير ويكف عن ذلك حالما يتوقف عن الطيران ؟

٢ ـــ لأية من الحيوانات والطيور أصوات عالية (رفيعة) ، ولأية منها أصوات واطئة (غاضبة) ؟

٣ ـــ لماذا يطن البعوض بصوت رفيع (عال) ، أما النحل الطنان والزنابير والنحل العادى فتصدر طنينا بصوت واطئ (جهير) ؟

٤ ـــ ما هو صوتك (عال أم واطئ) ؟ وصوت بابا ؟ وصوت ماما ؟ وصوت جدتك ؟

٥ ـــ كيف يكون السلك مشدودا (بقوة أم بارتخاء) ، إذا كان يصأصئ بصوت رفيع (عال) ؟ ومتى يصدر صوتا جهيرا (واطئا) ؟

٦ ـــ إذا كانت عندك آلة السنطور ، فلاحظ ايا من رقائعها يعطى صوتا عاليا ، القصيرة أم الطويلة ؟

٧ ـــ لماذا تصنع أكثرية الآلات الموسيقية النحاسية ، كالصور والنفير وسواهما على شكل أبواق ؟ أين رأيت مثل هذه الأبواق أيضا ؟

٨ ـــ لم تعمل للكمان والفيولونشيل والعود والقيثار وغيرها من الآلات الموسيقية الوترية صناديق جميلة من الخشب المعاكس فيها فتحة ؟ جرب أولا أن تطرق بلطف على الطاولة أو على الحائط

ومن ثم على صندوق إحدى الآلات الموسيقية الوترية . مم ينبعث الصوت عاليا ؟

٩ ـــ اعمل آلة «الفيولونشيل» من عصا وسلك معدنى وبوق . جرب العزف عليها بعد أن تضغط الوتر على العصا بأصبعك ، وبعد ذلك أوضح لماذا يكون الصوت عاليا (رفيعا) إذا ضغطنا على الوتر فى أسفله ، ويكون واطئا (غاضبا) إذا ضغطنا عليه فى أعلاه ؟

١٠ ـــ اعمل جهازا لتسجيل الصوت على قطعة زجاج أو مسطرة معدنية مسخمة . جرب أن تسجل صوتك ، ثم اشرح كيف يمكن تسجيل أصوات الناس والآلات الموسيقية على الأسطوانات .

١١ ـــ قم بتجربة على الأسطوانة والقلم الرصاص والبوق والإبرة . حاول أن تدوّر الأسطوانة بسرعات مختلفة . متى يكون صوت الأسطوانة شبيها بصوت العندليب ومتى يكون شبيها بصوت الدب ؟ ما سبب ذلك ؟

١٢ ـــ يمكن أن نجد فى مواقع البناء أنابيب عريضة وطويلة مصنوعة من الخرسانة أو الحديد أو الفخار . وإذا جلسنا عند إحدى نهايتى أحد هذه الأنابيب وقلنا بعض الشىء همسا يكون الصوت عند النهاية الثانية عاليا ومسموعا بوضوح . ما سبب ذلك ؟

١٣ ـــ فى الغرفة الخالية تماما (مثلا عندما ننتقل إلى شقة جديدة أو نفرغها لنقوم بعمل ترميمات فيها) يكون الصدى مسموعا جيدا ، فلماذا ؟ عندما ننقل الحاجيات إلى الغرفة ونعلق الستائر على الشبابيك ونفرش السجادات ونعلق بعضها على الحيطان نجد الصدى يبدأ بالتلاشى ومن ثم يختفى نهائيا ، فلماذا ؟



الضوء

البقع الضوئية المتراقصة

حيل بواسطة المرايا

كيف نقلى البيض على أشعة الشمس

آلة تصوير بدائية

البقع الضوئية المتراقصة

فى هذا الموسم الصيفى كان ليونيا وايريشكا يعيشان مع تانيا فى بيت كبير من الخشب فى القرية . فناء البيت تغطيه الأعشاب والحشائش العالية بحيث يستطيع ليونيا الاختباء فيها دون أن ينحنى . وفى فناء البيت بضع سقائف ، أما فى الركن البعيد من الفناء فتوجد زلاقة كبيرة قديمة . وأكثر ما يثير انتباه أولاد المدن ، هى البئر . فعندما تشرع بتدوير المقبض الحديدى تبدأ الأسطوانة الخشبية بالدوران وتلتف عليها سلسلة حديدية (أو حبل) فى

نهايتها دلو مملوء بالماء . نرفع هذا الدلو ونصب ماءه فى دلو آخر ، ونفلت المقبض فيهوى الدلو فى البئر . وفجأة نسمع صوت ارتطام الدلو بالماء ، ويغترف كمية منه ونعود ثانية لنرفعه إلى أعلى بتدوير المقبض .

للبئر سقيفة تحميها من الأوساخ . وفى هذه السقيفة ثقب . الشمس تشع على السقيفة ، فيقع ظلها على الحشائش والاعشاب ، أما الثقب الموجود فيها فتتسلل من خلاله بقعة وضاءة . ننظر إلى هذه البقعة من بعيد ، فتبدو لنا وكأنها قطعة نقدية تتلألأ وسط الأعشاب . تطلعت ايريشكا إلى هذه «القطعة النقدية» فتذكرت الحزورة التى كانت تعرفها عندما كانت صغيرة فى كتاب للشاعر السوفييتى كورنى تشوكوفسكى ، وقد نظمها من أجل طفلة اسمها ماشينكا :

فلس أصفر قرب البئر
يلمع ، يومض ، لا يجرى
— خذنى إن كنت نبيها ،
هل يمكن أن آخذه ، لا أدرى
كلا ، حتى لو جاء الأبطال
ممن مهروا فى رفع الأثقال
ما كان بوسعهمو
زحزحة الفلس الأصفر

وفجأة تذكرت ايريشكا بأن جارتها ماشينكا مريضة . كل الأولاد يسرحون ويمرحون فى فناء البيت ، أما ماشينكا فهى طريحة الفراش . بالطبع إنها تشعر بالملل والضجر . وهنا قالت ايريشكا :

— ما أروع لو تمكنا من إيصال هذا «الفلس» إلى ماشينكا فى غرفتها .

فسأل ليونيا قائلا :

— كيف يمكنك رفعه ؟

سمعت تانيا هذا الحديث ، فتقدمت من ليونيا وايريشكا وأحضرت مرآة صغيرة ووضعتها تحت الشعاع المتسلل من الثقب . فانتقل «الفلس» من



العشب الى المرآة ، وانعكس عليها وانتقل مباشرة إلى البيت الذى تعيش فيه ماشينكا . غير أن مشكلة اعترضت طريقه مع الأسف . فشباك الغرفة التى تقيم فيها ماشينكا يكون من الناحية الثانية . وانهمك الأولاد فى التفكير : ما العمل إذن ؟ وفجأة انطلقت ايريشكا فى ركضة إلى بيتها وعادت إلى الفناء بمرآة صغيرة كانت عندها . فوقفت بالقرب من ركن البيت ، والتقطت بمرآتها شعاع الشمس المنعكس على مرآة تانيا ووجهته نحو شباك غرفة ماشينكا . كان الشعاع يتوجه من عند ايريشكا نحو الشباك وهناك ينتظره ليونيا مع مرآته . فالتقط بمرآته الشعاع القادم من مرآة ايريشكا ووجهه الى داخل غرفة ماشينكا .

حلق عصفور عاليا ونظر إلى الأسفل فرأى الفناء والبئر وبالقرب منها تقف تانيا وبيدها المرآة . وشعاع يمتد من مرآة تانيا عبر الفناء كله إلى ركن البيت حيث تلتقطه ايريشكا . ومن مرآة ايريشكا يتوجه الشعاع إلى ليونيا وهو يلتقطه ويوجهه الى الشباك .

طوال النهار كانت البقعة الضوئية تدب وتتراقص على الحائط . وكانت ماشينكا تلهو بها فى حين كان الأولاد جميعهم يقفون فى فناء البيت ومراياهم فى أيديهم . لا شك أنهم كانوا يستبدلون بعضهم بعضا عندما يتعبون ، ولم يتركوا المكان خاليا .

فى اليوم التالى جاء الطبيب وفحص حنجرة ماشينكا فقال : «عفارم» ، ثم خرج إلى فناء البيت حيث كان الأولاد ينتظرونه ، وأضاف قائلا :

— المرح ودفء الشمس أنجع دواء .

انظر إلى الصورة حيث رسم الفناء كما رآه العصفور وتابع من جديد كيف كان الأولاد يرفعون «الفلس» بواسطة مراياهم وينقلونه إلى ماشينكا فى غرفتها .

تجارب البقع الضوئية تستهوى الأولاد عادة . فيمكن إجراء تجارب مثيرة للغاية فى الصباح المشمس عندما يكون الضباب غير الكثيف ما زال عالقا فى الهواء . فمن السهل فى هذا الضباب ملاحظة أشعة الضوء . وفى الحقيقة إننا نرى ليس أشعة الضوء نفسها ، بل دقائق الضباب العالقة فى الهواء ، والمضاءة بأشعة الشمس . وبرأينا أننا لن نخطئ كثيرا إذا تحدثنا عن أشعة الضوء التى نراها فى الضباب . فعادة نرى شعاع الضوء فى الضباب بوضوح ، إذا كان متجها نحونا . ولو أخذنا ، فى صباح مشمس وغير كثيف الضباب ، مرآة ووجهنا شعاع الضوء بواسطتها على طفل ، بحيث تكون البقعة الضوئية بالقرب من وجهه وليس فى عينـــه مباشرة ، فإنه سيرى بوضوح كيف يمتد شعاع ساطع من المرآة إليه . وستكون هذه التجربة ممتعة جدا لو كان الضوء ينعكس ليس على مرآة وإنما على سطح الماء المتموج فى النهر أو البحيرة . ففى هذه الحالة نرى أشعة الضوء الجميلة المنعكسة على سطح الماء والمتحركة فى الهواء . لا بد من إجراء هذه التجربة عندما تكون أشعة الضوء المنعكسة متجهة نحونا وجها لوجه .

يمكن تنويع هذه التجارب لدرجة كبيرة إذا كان عندنا فـــى البيت حوض أسماك وآلة لعرض الصور (فانوس سحرى) . فبدلا من شريط الفلم نضع فى إطار الآلة ورقة سوداء نعمل فى وسطها ثقبا يبلغ قطره ٣ ـــ ٥ مليمترات . وعندما نشغل هذه الآلة يمتد منها شعاع رفيع ساطع . وسنرى هذا الشعاع جيدا فى حوض الأسماك الواقع مقابل هذه الآلة مباشرة . فالماء العكر فى الحوض الزجاجى يلعب دور الضباب هنا . ولو وضعنا على طريق الشعاع الضوئى فى الماء مرآة يتضح تماما كيف يغير الشعاع المنعكس على المرآة اتجاهه . بالطبع من الأحسن إجراء هذه التجارب ليلا فى الظلام الدامس .

حيل بواسطة المرايا



نشبت حرب حامية الوطيس بين الهنود الحمر والبيض . كانت قبيلة صغيرة من الهنود الحمر ، رجالها محاربون ومهرة ، قد باغتت البيض وظهرت فى لحظة لم يكن أحد يتوقع ظهورها فيها . اصطف



الهنود الحمر فى صف واحد وسلطوا وابلا من السهام على البيض ، عندما كان هؤلاء يلعبون لعبة النطة ولم يتوقعوا حدوث هجوم عليهم . وبعد لحظات ، عندما أفلح البيض فى الاختباء وراء عرمة (حزمة) الحطب وفى علية السقيفة وخلف الزلاقة القديمة الموجودة فى الركن من الفناء وفتحوا النار من أسلحتهم أصبح الهنود الحمر فى حيرة من أمرهم . أخذ البيض يراقبون المناطق المجاورة بانتباه كبير يتضاعف من يوم لآخر ، ووضعوا حراسا وخفراء فى كل مكان . وحالما يظهر رأس عليه ريشة طويلة من وراء ركن البيت حتى تدوى العيارات النارية وترتفع صيحة : «اسقط !» . و«المصاب» يستجيب لهذا الأمر ، فتلك هى شروط اللعبة .

وفى أحد الأيام عندما كاد الهنود يواجهون هزيمة شنعاء وجد «عين الصقر» مخرجا من المأزق الذى وقعوا فيه . ولكى لا يصاب بعيار نارى أخرج من وراء ركن البيت ليس رأسه وإنما مرآة . بواسطتها تمكن الهنود الحمر من مراقبة كل تحركات البيض . انتظر الهنود الحمر اللحظة التى ضعف فيها انتباه الحراس البيض فأغاروا عليهم من الكمين وهم يصرخون بحماس .

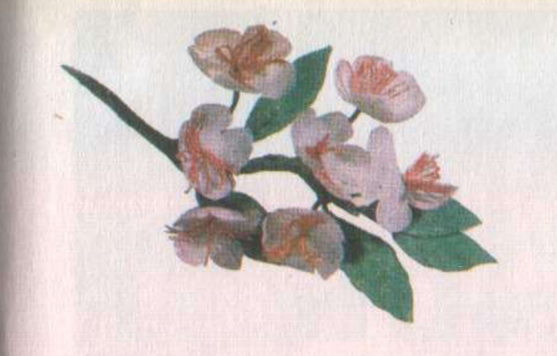
وفى يوم من الأيام عندما كان الهنود جاثمين خلف سياج عال ، يخلو من الشقوق نهائيا ، تناول «عين الصقر» مرآته ورفعها فوق رأسه . غير أنه لم يتمكن من جعلها فوق حافة السياج . وليس عبثا أن يقال بأن الهنود الحمر دهاة مراوغون . جال «عين الصقر» ببصره فيما حوله فلحظ عصا متفرعة عند نهايتيها . فثبت مرآته على التفرع الأعلى بواسطة الطين الاصطناعى ورفعها فوق السياج . كان يرى فى المرآة أحد حراس البيض ، إلا أن الوقوف برأس مرفوع على الدوام غير مريح أبدا . طلب «الفهد

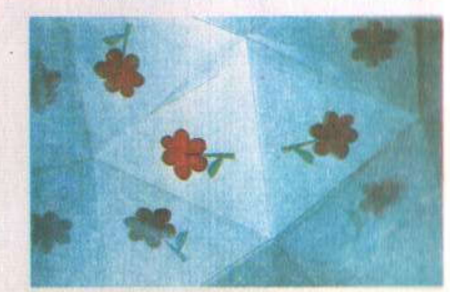


الأسود» العصا من «عين الصقر» وتناول مرآته وثبتها على التفرع الثانى فى أسفلها . كانت المرآة العليا مرئية فى هذه المرآة السفلى ، أما فى المرآة العليا فكان يرى حارس البيض . لم يكن الهنود الحمر يعرفون بأنهم اخترعوا جهازا يسمى بالمثفاق أو البيرسكوب .

إن البيرسكوب جهاز يستخدم فى الغواصات . فالغواصة تغوص فى أعماق البحر ، بينما يلوح هذا الجهاز قليلا فوق سطح الماء . ينظر ربان الغواصة

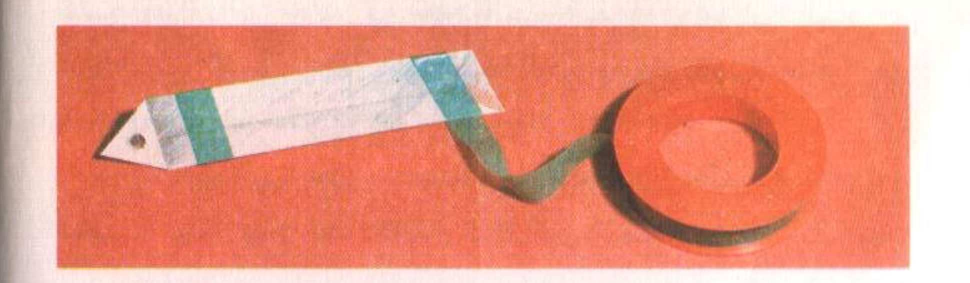








فى هذا الجهاز فيرى ما يجرى على سطح الماء فى البحر . إلا أن الهنود الحمر لم يستمروا على مراقبتهم للبيض بواسطة هذا الجهاز ، ذلك لأن أحد الرجال البيض ، وهو فاسكا ، قد لاحظ المرآة فوق السياج ، فأطل من خلف الشجيرة وصوب مرجمه نحو المرآة . وما أن رجمها حتى تهشمت وتناثر حطامها وكأنه شآبيب المطر . وفقدوا تلك المرآة ! كانت محاكمة فاسكا صارمة ! حاكمه الجميع ، الهنود الحمر والبيض سوية ، ذلك لأن المرآة حاجة نافعة أسف عليها الجميع .



صاح «عين الصقر» :

— ارموه لبنات آوى !

— الخزى والعار للبيض !

— ليصنع لنا بيرسكوبا جديدا !

وسرعان ما فهم فاسكا بأنه لن يتخلص منهم بهذا الشكل ، فوعدهم بصنع بيرسكوب جديد صباح الغد . وفى الصباح عندما كانت تانيا فى طريقها لشراء اللبن رأت فاسكا حزينا ، وبيده ثلاثة شرائط زجاجية مستطيلة لا يعرف ماذا يفعل بها . أخبر تانيا بقضيته وصارا يفكران معا للخروج من هذا المأزق . جمع فاسكا الشرائط الزجاجية فى شكل يشبه بيت بجمالون ، فحصل على أنبوب ثلاثى الأضلاع . نظر فى هذا الأنبوب وارتسمت على وجهه ابتسامة حزينة . نظرت تانيا فى هذا الأنبوب أيضا وسرت لما رأته ، ذلك لأن فاسكا كان قد اخترع لعبة جديدة ، تسمى صندوق الدنيا . وأخذ فاسكا وتانيا ينظران من خلال صندوق الدنيا هذا إلى البيت والزهور والفراشات وقطع الزجاج الملون . أنظروا إلى الرسم لتروا ما رآه فاسكا وتانيا فى صندوق الدنيا .

قالت تانيا لفاسكا :

— هل ترى أية لعبة مضحكة ابتدعت ! فكم سيسر الأولاد !

— ما العمل إذن بالنسبة للبيرسكوب ؟

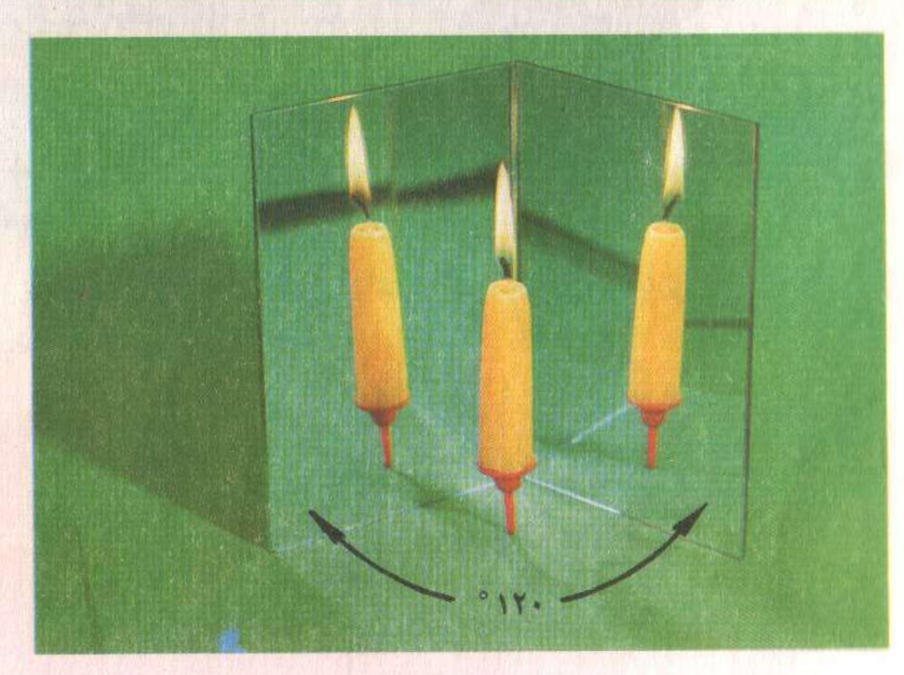
ذهبت تانيا إلى السوق واشترت بيرسكوبين جديدين ، أحدهما للرجال البيض والآخر للهنود الحمر .

إلا أن القرية هذه المرة كانت خالية من الهنود الحمر والرجال البيض ، وليس فيها غير قطاع الطرق ورجال التحريات .

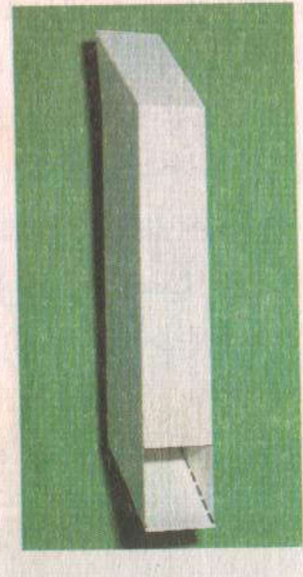
يتضح من الرسم أنه ليس من الصعب فهم تركيب جهاز البيرسكوب وصندوق الدنيا واجراء بعض التجارب بالمرايا .

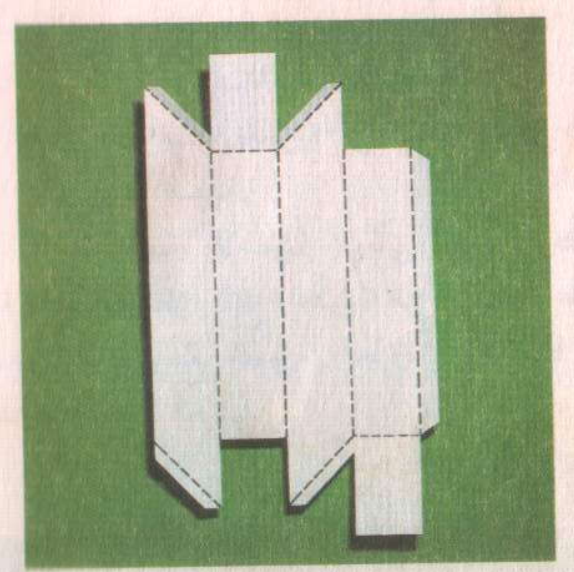














كيف نقلى البيض على أشعة الشمس

جلست ايريشكا على الأريكة تقرأ كتابا :

— فى يوم من الأيام حاصر الرومان بسفنهم مدينة سيراقوسه الاغريقية . وعند ذاك دعا العالم ارخميدس أهالى المدينة للمجىء الى الشاطئ وأعطى كلا منهم مرآة وأمرهم بتوجيه البقع الضوئية للمرايا صوب إحدى السفن الرومانية . كان الضوء والحرارة من المرايا لدرجة من الكثرة ، بحيث اشتعلت النار فى هذه السفينة .

راقت قصة الأسطول الرومانى ومرايا ارخميدس للصغار فجلسوا على عتبة الباب وسلطوا البقع الضوئية من مراياهم على حزمة حطب . وبما أن الصغار كثيرون والبقع الضوئية والحرارة كثيرة أيضا ، بدأ الدخان يتصاعد من إحدى القطع الخشبية .



قالت ايريشكا :

— كفاكم لعبا ، وإلا ستحترق الأخشاب .

أجابها ليونيا :

— دعينا نحمصها قليلا .

سرعان ما التهب لسان من النار الجميلة فى طرف الخشبة .

فر الأطفال كل فى اتجاه . وركضت ايريشكا وحدها لاستدعاء فريق الإطفاء . وسرعان ما انطلقت سيارة الإطفاء فى الشوارع . وصل فريق الإطفاء فى الوقت المناسب وأطفأوا النار .

سأل رئيس فريق الإطفاء :

— من الذى فعل ذلك ؟ أسألكم من الذى فعل ذلك ؟

أجابت ايريشكا نيابة عن الجميع :

— نحن .

صمت رئيس الفريق برهة ثم سأل :

— علبة الكبريت عند من ؟

قال ليونيا بسرعة :

— ما عندنا كبريت ، أشعلناها بطريقة ارخميدس .

سأل رئيس الفريق مندهشا :

— بواسطة المرايا ؟

— نعم .

— غير صحيح ! فمنذ القدم ثبت أن هذا أسطورة . ارخميدس لم يتمكن من إشعال النار فى الأسطول الرومانى بواسطة المرايا .

قال ليونيا مصرا :

— إلا أننا وفقنا فى ذلك ، وهذا يعنى أن ارخميدس وفق فى ذلك أيضا .

خيم الهدوء . الكل ينتظرون بصمت ما سيقوله رئيس فريق الإطفاء .

فكر رئيس الفريق طويلا ثم قال :

— نؤجل التحرى إلى الغد ، فيجب التأكد من بعض الحقائق .

فى صباح اليوم التالى كانت تانيا وايريشكا وليونيا يتنزهون على شاطئ النهر . وفجأة لاحظوا رئيس فريق الإطفاء على الشاطئ نعسا وصنارته بيده . وقربه طبق غاية فى الكبر .

سأل ليونيا :

— ما حاجتك إلى هذا الطبق ؟

ارتعش رئيس الفريق وأفاق ، فرأى الثلاثة وقال :

— آه . . هؤلاء أنتم . . هل ترون ما فى داخل الطبق ؟

نظر ليونيا إلى داخل الطبق فرأى كثيرا من المرايا . قام رئيس الفريق ورفع الطبق وأداره بحيث أصبحت مراياه مواجهة للشمس وقال :

— أنظروا ، إن أشعة الشمس تقع على المرايا ، أما هى فتوجه هذه الأشعة فى مكان واحد . لو وضعنا الآن فى هذا المكان . .

فلم يتمالك ليونيا نفسه ، وقال :

— قطعة خشب !

نظر رئيس فريق الإطفاء إلى ليونيا نظرة صارمة وواصل كلامه :

— لو وضعنا فى هذا المكان مقلاة ، وكسرنا فيها عدة بيضات لحصلنا بعد ربع ساعة على بيض مقلى .

نطق رئيس الفريق بهذه الكلمات ووضع المقلاة على منصب أعده من أسلاك غليظة وعدل المرايا ليوجه بقعها الضوئية إلى قاعدة المقلاة وصب الزيت فيها . استغرب الجميع حينما شاهدوا الزيت يفرقع فى المقلاة التى لم تكن تحتها لا نار ولا كهرباء . كسر رئيس الفريق بضع بيضات فى المقلاة الساخنة . وبعد دقيقتين ، وليس ربع ساعة كما وعدهم رئيس فريق الإطفاء ، أخذ ليونيا وايريشكا وتانيا ، يأكلون مع رئيس الفريق البيض المقلى الذى حضروه على أشعة الشمس .

إن تجربة إشعال النار فى القطعة الخشبية ، التى شرحناها فى بداية القصة ، لا يمكن من الناحية العملية إجراؤها لأنها تتطلب على أقل تقدير خمسين ولدا ، وإن توجيه خمسين بقعة ضوئية الى مكان واحد ومراقبتها أمر بالغ الصعوبة .

يمكن إجراء تجربة مع عدد من الصغار ، بتوجيه البقع الضوئية على راحة يد أحد منهم . وسيشعر فوراً بالحرارة على راحة يده من جراء هذه البقع الشمسية .

إن العاكسات التى يجرى تجميعها من المرايا المسطحة الصغيرة على سطوح مقعرة ، أو العاكسات المصنوعة من مرايا مقعرة بقطر كبير ، تستخدم بمثابة مطابخ شمسية فى البلدان التى تكون الأيام المشمسة فيها كثيرة . ويمكن استعمال مثل هذه المرايا أيضا للحم المعادن فى الفضاء الكونى .

يمكنكم تحضير مطبخ شمسى ، مع أن ذلك يتطلب جهودا معينة وحذاقة فى الاختراع . ويعمل مثل هذا المطبخ جيدا ، فعلى كل حال يمكن للبيضة خلال دقيقة أو دقيقتين أن تتقلى بل وتحترق ، والمهم أن نبين بأن هذا المطبخ يعمل بصورة أسرع إذا كانت المقلاة سوداء اللون ، ذلك لأن السطوح السوداء تمتص الحرارة أحسن من السطوح البيضاء .

وإذا لم يتيسر لكم إعداد مثل هذا المطبخ (ليس هناك ما يثير الدهشة ، لأننى قلت بأن إعداده ليس بالأمر السهل) ، فيمكن تبسيط هذه التجربة بأن نرسم على الخشب رسوما بالحرق بواسطة مرايا مقعرة غير كبيرة (مكبرات) أو عدسات تكبير . يمكن عمل ذلك كما يلى : نرسم فى البداية بالقلم الرصاص خطوطا خفيفة على لوحة خشبية أو قطعة من الخشب المعاكس لنحصل على شكل ما ، وبعدها نحرق هذا الرسم جيدا بواسطة المرايا أو العدسات المكبرة ، فنحصل على شكل رسمته الشمس .

آلة تصوير بدائية

ــ واحد ، اثنان . . . واحد ، اثنان . . .

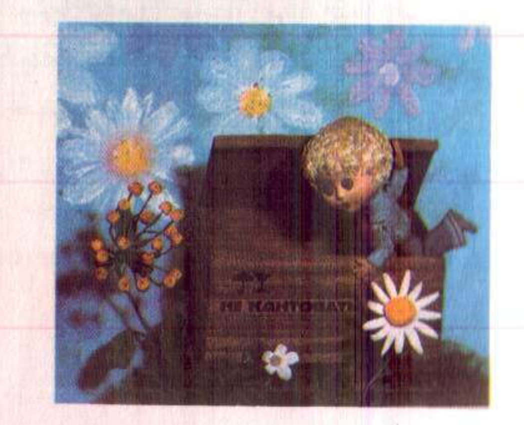
أخذت ايريشكا تحسب وتشير بأصبعها إلى الصغار وهم يقفون على شكل دائرة منتظرين من الذى سيقع عليه الاختيار للبحث فى لعبة الاختباء .

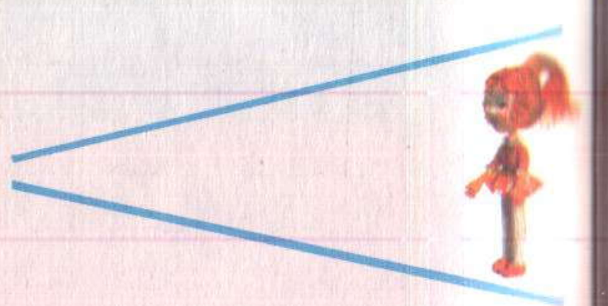
وحالما وقع الاختيار على فيرا ، انطلق الجميع كل على حدة ليجد مكانا يختبئ فيه .

ثم بدأت فيرا فى البحث .

اختبأ غوشا وراء الزلاقة القديمة ، وفانيا صعد على علية السقيفة ، اما آليونكا الصغيرة فتوغلت داخل الحشائش العالية وأصبحت غير مرئية فى الحال . وقع نظر ليونيا على صندوق كبير من الخشب المعاكس ، ظهر فى فناء البيت منذ أمد ليس ببعيد . كان الصندوق يتسع لبضعة أشخاص مرة واحدة ، إلا أن الصغار لم يلاحظوه لسبب ما ، واختبأ الكل فى أماكن أصبحت معروفة منذ أمد بعيد . ولذلك سرعان ما اكتشفوا جميعا ، ما عدا ليونيا الذى ظل جالسا فى صندوقه المظلم دون أن يرى أى شيء حوله .







صاحت ايريشكا :

ــ اخرج ياليونيا ، انتهت اللعبة !

تصور ليونيا انهم يخدعونه ، فاستمر بالجلوس فى الظلمة الحالكة . وأخيرا مل من الجلوس ، فقرر أن يثقب جدار الصندوق بمسمار . كان خشب الصندوق غير متين وسرعان ما أصبح الثقب جاهزا . تطلع ليونيا من الثقب إلى الشارع وأغمض عينيه لأن الشمس كانت ساطعة . وبعد أن اعتادت عيناه ، رأى أن الجميع قد اكتشفوا حقا وبات لا يعرف هل الصغار يواصلون لعبهم أم انتهوا منه بالفعل . وقع نظره صدفة على الجدار الآخر المقابل له من الصندوق فتسمر من الدهشة ، إذ رأى الصغار يركضون ويسيرون ويجلسون مباشرة على الجدار الخشبى للصندوق مقلوبين رأسا على عقب .

نظر ليونيا برهة وصاح بصوت عال :

ــ آ ــ آ ــ آ ! ! ! ابتدعت مكنة سحرية جديدة !

وفى هذه اللحظة فقط حزر الصغار أين كان ليونيا مختبئا . انطلق الجميع نحو الصندوق ، ودخلوا فيه بسرعة ، فرأوا على جداره الخشبى صورة مقلوبة للبيت والسقيفتين . كانت السماء إلى الأسفل ، أما الأرض التى

تغطيها الحشائش والأعشاب فإلى الأعلى . بالطبع لم يكن الصغار موجودين على الجدار ، لأنهم كانوا هذه المرة جالسين فى الصندوق ويصيحون مبتهجين بهذا الابتداع . إلا أن هناك مشكلة ، فما من أحد يعرف كيف تعمل هذه المكنة الغريبة . وهنا جاءت تانيا . وبعد أن فكرت قليلا قالت :

— نحتاج إلى مصابيح يدوية كثيرة . اجلبوها إن وجدت عندكم .

لم تكن هناك ضرورة لمطالبة الصغار بذلك ثانية . وبعد بضع دقائق أحضر الصغار اثنى عشر مصباحا ووضعوها على العشب بالقرب من الشجرة . أخذت تانيا مصباحا وثبتته على جذع الشجرة بواسطة قطعة من الطين الاصطناعى . وأشعلته وبعد ذلك قالت :

— انظروا ، إن ضوء المصباح ينتشر فى كافة الجهات ، ويقع على الثقب الموجود فى جدار الصندوق . يتسرب الضوء من خلال هذا الثقب ويقع على الجدار المقابل من الصندوق فتظهر عليه بقعة وضاءة .

قال ليونيا :

— سأتحقق من ذلك بنفسى .

ركض صوب الصندوق ودخل فيه . انطلق الصغار كلهم وراءه . أجل فقد ظهرت على جدار الصندوق بالفعل بقعة ضوئية . عرض ليونيا راحة يده للضوء فانتقلت البقعة الضوئية إليها . جاء الصغار إلى تانيا ثانية . وقالت ماشينكا سائلة :

— لماذا يا ترى تستقر البقعة الضوئية هناك فى أسفل الجدار والمصباح هنا فى الأعلى ؟

قالت تانيا :

— انظروا إذن إلى هذا الرسم بإمعان .

وأخذت ترسم لهم شكلا يبين المصباح والصندوق . إلا أن



الصندوق بدون جدار واحد ، حتى يكون واضحا ما يجرى داخله .

— الضوء ينطلق من المصباح ويمرق كالسهم . وبعد مروره من خلال الثقب يلتقى مع الحائط فى الأسفل .

انتظرت تانيا حتى يفهم الجميع ما قالته ومن ثم ثبتت المصباح الثانى على جذع الشجرة . إلا أنها فى هذه المرة ثبتته فى أسفل الجذع بالقرب من الأرض تماما .

قالت تانيا :

— أين تحصل البقعة الضوئية المنبعثة من هذا المصباح ؟

غرق الجميع فى تفكير عميق ثم صاحوا رأسا :

— إلى الأعلى !

قالت تانيا :

— لنجرب ، وأشعلت المصباح ، فانطلق الصغار من جديد نحو الصندوق . وجدوا فى الصندوق بقعتين ضوئيتين . بدأت تانيا بسرعة تحجب المصباح السفلى بيدها تارة وتكشف عنه تارة أخرى . فرأى الصغار كيف بدأت البقعة العليا تتألق .

بعد ذلك ثبتوا على جذع الشجرة عدة مصابيح فظهر على جدار الصندوق شريط من البقع الضوئية . عملوا فى نهاية هذا الشريط زاوية حادة بواسطة المصابيح أيضا ، فحصلوا على سهم . وكان هذا السهم المصنوع من المصابيح يتجه إلى أعلى ولكن عندما يشع الضوء من هذا السهم عبر الثقب فى الصندوق يحصل سهم من البقع الضوئية متجه إلى أسفل .

قالت ايريشكا :

— المصابيح تضىء ، أما البيت والأشجار والناس فلا تضىء . ومع ذلك تنعكس على الجدار .

نظر الجميع إلى تانيا . فالأشجار والبيت لا تضىء حقا .

قالت تانيا :

— المواد تضئ جميعها — بعضها تضىء بسطوع والأخرى بخفوت . فالشمس والمصابيح والشموع تضىء بضوء تبعثه هى بنفسها ، أما البيوت والأشجار والناس فتضيء بالضوء المنعكس منها . أنظروا حولكم : يقع ضوء الشمس على أوراق الأشجار فتعكس قسما كبيرا منه ، لذا تكون هى ساطعة . أما جذوع الأشجار فإنها تعكس قليلا من الضوء ، ولذا فهى قاتمة . ومن هنا يحصل أن الوجوه والأيدى والأحذية والثياب وضاءة أيضا .

قال ليونيا :

— أنت لست على حق !

— إن كنت لا تصدقنى ، فادخل فى الصندوق .

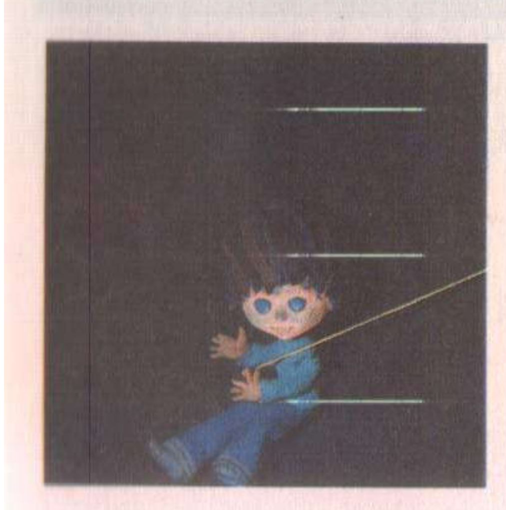
دخل ليونيا فى الصندوق وأغلق غطاءه .

سألت تانيا :

— هل ترى شعاع الشمس من الثقب ؟

— نعم .

— عرض أصبعك له .



عرض ليونيا أصبعه لهـــذا الشعاع ، فأصبح أصبعه يضىء فى الظلام ، وكأنه مصباح ، وامتلأ الصندوق بضوء وردى اللون .

سألت تانيا :

— هل أصبح الصندوق أكثر إنارة ؟

— نعم .

— عرض الآن ورقة للضوء .



— عرض ليونيا ورقة للضوء . الورقة زرقاء اللون ، ولذلك امتلأ الصندوق بالضوء الأزرق .

صاح ليونيا :

— أصبح الصندوق أكثر إنارة .

— الآن عرض للضوء قطعة من الورق المفضض الذى تغلف به الشكولاتة .

— ليس عندى ورق مفضض !

رفعت ايريشكا غطاء الصندوق قليلا وناولته قطعة من هذا الورق :

— خذ يا ليونيا .

فصاح هو من الصندوق :

— الصندوق نير كما فى الخارج !

فسألته تانيا :

— إذن الأصابع والأوراق تضيء أيضا ، أليس كذلك ؟

رد ليونيا والابتسامة تعلو وجهه :

— بلى ، تضيء .

لقد فهم ليونيا الآن أن الأجسام التى ينعكس الضوء منها ويقع فى الصندوق عبر الثقب الموجود فيه ، إما فاتحة اللون فتحصل على الجدار بقع فاتحة اللون ، وإما غامقة ، فتحصل على الجدار بقع غامقة اللون . ومن هذه البقع وتلك مجتمعة تحصل صورة الاجسام .

وفى اليوم التالى أخذ الصغار صندوقا من الخشب المعاكس ، من تلك التى ترسل فيها الطرود البريدية ، وثقبوا جداره بالمسمار وانتزعوا غطاءه لكى يروا ما يجرى داخله . وكيلا يتسرب إلى الصندوق ضوء من الخارج غطوا بلحاف أسود سميك . الضوء ينعكس من الأجسام ويتسرب إلى الصندوق عبر الثقب فى جداره ، فتحصل على الجدار المقابل له صور هذه الأجسام جميعها . وعلقوا على هذا الجدار قطعة من الورق بحيث تقع كل صور الأجسام عليها ، وبدأوا يخططون هذه الصور بالقلم الرصاص . وسرعان ما حصل على الورقة منظر كامل : فناء تشمخ فيه شجرة البتولا ، وسقيفة يرعى بالقرب منها عجل صغير .

قالت تانيا للصغار : فى قديم الزمان عندما لم يكن الناس قد تعلموا بعد صنع الأفلام وأوراق التصوير ولم تكن هناك آلات تصوير حديثة استعملوا مثل هذه الصناديق المثقوبة وخططوا الصور على الورق داخلها . والصندوق

كلمة غير علمية ، لذلك أطلق الناس على آلة التصوير البدائية هذه تسمية «الغرفة المعتمة» .

بدأ الصغار يرسمون بعضهم بعضا ، وحتى موعد الغداء صارت عندهم مجموعة كاملة من صورهم الشخصية .

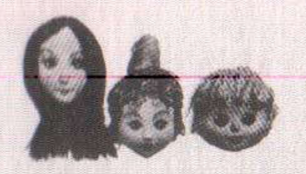
بالمناسبة أنصحك أنت أيضا بصنع مثل هذه «الغرفة المعتمة» ، لترسم بواسطتها بعد ذلك صور رفاقك واقربائك .

ليس من الصعب صنع «الغرفة المعتمة» ، فتركيبها واضح من القصة نفسها ولكن يجب أن نعرف أنه كلما كان الثقب صغيرا كانت الصورة أوضح ، وأغمق فى نفس الوقت . ومن الناحية العملية يمكن جعل قطر الثقب أصغر بـ١٠٠ — ٢٠٠ مرة من المسافة بين الجدار المثقوب والجدار المقابل الذى تحصل عليه الصورة . وبالإضافة إلى تخطيط صور الأجسام الحاصلة فى «الغرفة المعتمة» كما جاء شرحه فى القصة ، يمكن التقاط صورة فوتوغرافية بواسطة هذه الآلة البصرية . ومن الأفضل لهذا الغرض أن نأخذ آلة تصوير عادية وننزع عدستها ونضع مكانها ورقة سوداء نعمل فيها ثقبا بواسطة الإبرة .

كيف نحدد فى هذه الحالة مدة التعريض ؟

قبل كل شئ من الضرورى أن نحدد الفتحة النسبية (فتحة الرق) لمثل هذه العدسة . إنها تساوى قطر الثقب مقسوما على المسافة من الفلم الفوتوغرافى إلى الثقب . إذا كان قطر الثقب ، مثلا ، ٠,٥ ملم والمسافة بينه وبين الفلم الفوتوغرافى ٥٠ ملم ، فإن الفتحة النسبية تساوى ١/١٠٠ ملم . وإذا تعودتم على استعمال مصطلح «فتحة الرق» ، فإن فتحة الرق فى مثل هذه العدسة تساوى ١٠٠ . وكما هو واضح لا يمكن أن نعتبر هذه العدسة سريعة . ويمكن بواسطة مقياس التعريض (او الجدول) تحديد

مدة التعريض لأصغر الفتحات النسبية التى تستعمل فى آلات التصوير الاعتيادية — وتساوى ١/٢٢ (فتحة الرق تساوى ٢٢) . إن فتحة الرق عندنا أقل بخمس مرات ، أى يجب أن نزيد مدة التعريض بمقدار : ٥×٥=٢٥ مرة . إذا كانت مدة التعريض فى حالة فتحة الرق ٢٢ تساوى مثلا ١/١٠٠ ثانية فإنها تكون بالنسبة لعدستنا أكبر بـ٢٥ مرة ، أى تساوى ١/٤ ثانية . وبالمناسبة يمكن بواسطة هذه العدسة أن نصور بنجاح فلما ملونا .



أسئلة وتمارين

١ — فى الصباح نرى فى الغابة كيف تتسلل أشعة الشمس الساطعة من خلال الأشجار . الأشعة كلها مستقيمة وكأنها أوتار مشدودة . تأمل بعض الشيء ، وحاول أن تعرف كيف يمكن تغيير اتجاه هذا الشعاع .

٢ — ما الذى تراه فى المرآة ، عندما يقوم أحد زملائك بتوجيه البقعة الضوئية صوب عينيك ؟ لماذا تبهر المرآة عينيك فى هذه الحالة ؟

٣ — إذا كنت تحمل المرآة وترى ماما فيها ، فمن الذى تراه ماما فى المرآة فى هذه اللحظة ؟

٤ — كلمة «فوتو» اليونانية تعنى باللغة العربية «الضوء» ، و«غرافو» — «أنا أرسم أو أكتب» . كيف يمكنك ترجمة «فوتوغراف» من اللغة اليونانية إلى العربية ؟



الحرارة

معطف الفرو يدفئ
أم لا ؟

محرار من قنينة زجاجية

تحويل الخطوات إلى نار

معطف الفرو يدفئ أم لا ؟

اشترت تانيا مرة بوظة للصغار ، وبعدها تذكرت بأنهم غالبا ما يعانون من التهاب فى اللوزتين . وخطر شيء على بالها فقالت :

— نجيء إلى البيت وننتظر حتى تذوب البوظة فنأكلها عندئذ .

جاءوا إلى البيت . وضعت ايريشكا بوظتها فى صحن وأخذت تنتظر حتى تذوب . وليونيا كذلك وضع بوظته فى صحن وصار ينتظر أيضا .

قالت ايريشكا :

— بدأت بوظتي تذوب .

— بوظتي ستذوب أيضا .

قال ليونيا وأسرع راكضا إلى الدهليز . وعاد من هناك وهو يحمل معطفا من الفرو فلف به صحن البوظة ودثره جيدا وصار ينتظر .

أخذت البوظة فى صحن ايريشكا تذوب ، وجلست البنت تلعق ما يذوب من البوظة فى صحنها . فتح ليونيا بوظته وإذا بها على حالتها وكأنها لم تدثر بالمعطف . انتظر ليونيا من جديد . بدأت ايريشكا تأكل بوظتها ، لأنها ذابت بالكامل تقريبا . أما بوظة ليونيا فتقبع تحت المعطف ولا يخطر ببالها أن تذوب . ركض ليونيا إلى الدهليز وجاء بمعطف آخر . ولف بوظته مع صحنها بالمعطفين وصار ينتظر من جديد . فأشفقت ايريشكا عليه وقالت :

— كل من بوظتي ، إذا لم تذب بوظتك .

رد عليها ليونيا قائلا :

— شكرا ، لا داعى لذلك .

بعد فترة فتحا المعطفين فرأيا البوظة على حالها دون أى تغير .

قالت ايريشكا :

— عجيب ، لماذا لا تذوب البوظة داخل معطف الفرو ؟

كانت تانيا آنذاك تقف بالقرب من الطباخ الساخن فمدت يدها فوقه وقالت :

— ماذا نعمل كيلا تحترق أيدينا ؟

أجاب ليونيا :

— نسحبها بعيدا .

— أو نحجبها بشيء ما — أضافت ايريشكا .

ورفعت لوحة تقطيع الخبز من العلاقة ووضعتها بين الطباخ ويد تانيا . إن الحرارة المنبعثة من الموقد لا تنتقل عبر اللوحة ولذا فلا تحترق يد تانيا .

نظر ليونيا إلى ذلك وركض إلى المدخل ودس يده فى قفاز . رفع يده فوق الطباخ ، فلم تحترق . وقال :

— ويدى لا تحترق أيضا .

— يعنى ، إن القفاز لا يسخن . . فهو يحتجز الحرارة ولا يسمح لها بالانتقال إلى اليد .

قالت تانيا :



— صحيح ، فما الذى حصل لبوظتك يا ترى فى معطف الفرو ؟

ففكر ليونيا قليلا وقال :

— عندما دثرت البوظة بالمعطف حال دون تسرب حرارة الغرفة إليها ، فصار داخل المعطف باردا ، وهذا بدوره حال دون ذوبان البوظة .



— لماذا يلبس الإنسان إذن معطف الفرو فى الزمهرير ؟

— عندما يخرج الإنسان من البيت يكون جسمه حارا ، أما معطف الفرو فلا ينقل الحرارة منه إلى الخارج ، لذلك نراه لا يبرد .

قالت تانيا وهى تصب الشاى من الترموس :

— لعلمكم إن المعاطف تصنع ليس من الفرو فقط ، بل ومن الزجاج أيضا .

عندما سمع ليونيا هذا الكلام حملق مندهشا . واصلت تانيا حديثها وكأن شيئا لم يحدث :

— فمثلا هذا الترموس ، جدرانه مزدوجة ، ويوجد فراغ بينهما . والفراغ لا يوصل الحرارة إلا قليلا . . . وهناك أيضا معاطف من الخشب والحجر .

حزرت ايريشكا :

— هى جدران البيوت ، وهى تحتجز الحرارة ولا تنقلها إلى الخارج .

فكرْ أنت أيضا ، هل هناك معطاف أخرى ، وأين تستعمل ؟ أجب على السؤال التالى : إذا ارتدت فتاة الثلج أحسن معطف فرائى وأفضل قبعة شتوية وأعرض وشاح صوفى وأدفأ جزمة لبادية وسافرت إلى افريقيا ، فهل ستذوب هناك أم لا ؟

تجربة البوظة ومعطف الفرو تجرى عادة بنجاح . إلا أن طبقة غير سميكة من البوظة تذوب بسرعة لحد ما . وكيلا نتلف المعطف من الأفضل أن نغطى البوظة مقدما بفوطة نظيفة ، علما بأنه يجب أن نغطى البوظة دون نزع غلافها الورقى هى والصحن الذى توجد فيه . ولكى نتأكد من أن البوظة تذوب ببطء فى المعطف ، لا بد من وضع قطعة أخرى من البوظة لغرض المقارنة دون لفها بالمعطف .

والسؤال المتعلق بفتاة الثلج غير ساذج أبداً كما يبدو للوهلة الأولى . وغالبا ما يقول الصغار إن فتاة الثلج لا توجد فى الواقع ، بل توجد فقط فى الحكايات . بالطبع إنها حكاية ، وكل شيء ممكن فى الحكايات . إن مثل هذه النظرة إلى الأشياء طبيعية تماما بالنسبة للأطفال المعاصرين . لذا فيجب أن نشرح لهم أن التجربة على فتاة الثلج هى تجربة مبتدعة وأن الفيزيائيين الحقيقيين يلجأون أيضا إلى تجارب خيالية مبتدعة . وإذا كان الطفل يشاركم الرأى ، فعلى اقل تقدير يجب أن نتوقع منه ثلاثة أجوبة :

١ ــ تذوب فتاة الثلج من جراء الحر ، ويساعدها فى ذلك معطف الفرو لأن المعطف يدفئ .

وهذا الجواب غير صحيح ، لأن الفتاة مصنوعة من الثلج ، لذا فإن درجة الحرارة داخل المعطف واطئة .

٢ ــ الفتاة لا تذوب ، مثلها فى ذلك مثل البوظة فى معطف الفرو . وهذا الجواب يمكن الاقتناع به .

٣ ــ فتاة الثلج لا تذوب فى البداية ، ولكنها مهما كان الحال ستذوب فيما بعد ، لأن الحرارة ، مع ذلك ، ستتسرب بالتدريج من خلال المعطف إلى الداخل . وهذا الجواب يدل على أن الطفل يعرف كيف يفكر فى الجواب عميقا لحد ما ، وأنه لا يتهيب من طرح وجهة نظر خاصة به .

محرار من قنينة زجاجية

مرض ليونيا ذات مرة ، وكان يجب قياس درجة حرارته . إلا أنه كان يتململ ويرفض القياس . وأتعب تانيا وايريشكا للغاية .

قالت تانيا بصوت خافت حتى لا يسمعها ليونيا :

ــ لنعمل يا ايريشكا محرارا مضحكا .

ردت عليها ايريشكا بسرور :

ــ هيا !

ذهبتا إلى المطبخ ، وأخذتا قنينة صغيرة بسدادة من المطاط وأنبوبا زجاجيا .

ثقبتا السدادة بالمخرز وقطرتا قليلا من الماء الملون فى الأنبوب الزجاجى وأدخلتاه فى ثقب السدادة ، وبعدها وضعتا السدادة مع الأنبوب الزجاجى فى القنينة ، فحصل جهاز يسهل تحضيره على كل إنسان .

دخلت تانيا وايريشكا الغرفة حيث يضطجع ليونيا ووضعتا المحرار الذى عملتاه بنفسيهما على الطاولة .

قالت تانيا :

ــ تعالى نسخن القنينة بأيدينا .



وضعت ايريشكا يديها على القنينة وأخذت تسخنها . وسرعان ما بدأت قطرة الماء الملون تزحف إلى الأعلى . وما أن همت ايريشكا برفع يديها عن القنينة حتى تركت قطرة الماء الملون الأنبوب وسقطت .

سأل ليونيا :

— لماذا قفزت ؟

قالت تانيا :

— هذا يعنى أن شيئا ما يجبرها على ترك الأنبوب .

ثم سألت :

— ماذا فى القنينة ؟

فأجابت ايريشكا :

— لا شىء سوى الهواء .

— يعنى أن ما يجبرها هو . . .

فبادرهما ليونيا :

— الهواء .

اومأت تانيا برأسها :

— صحيح . ولكن لماذا صار يدفعها ؟

قالت ايريشكا :

— ربما لأنه يتوسع .

— ولماذا يتوسع ؟

حزر ليونيا :

— ربما من جراء الحرارة .

قالت تانيا :

— صحيح يا ليونيا .

وضعت تانيا وايريشكا فى الأنبوب قطرة أخرى من الماء الملون بدل تلك التى سقطت . واستقرت القطرة الجديدة فى أعلى الأنبوب الزجاجى .

سألت تانيا :

— كيف ننزلها ؟

— يجب تبريد القنينة .

أجابت ايريشكا وأخذت البنتان تنفخان على القنينة . نزلت القطرة بسرعة إلى الأسفل .

قالت تانيا :

— أعطينى يدك .

مدت ايريشكا يدها ، فأخذتها تانيا ووضعت القنينة تحت إبطها . وسرعان ما زحفت القطرة إلى الأعلى .

كان الثلاثة يراقبون تحركات قطرة الماء بكل انتباه . ها هى تزحف ابطأ فأبطأ ومن ثم توقفت . أخذت تانيا قطعة من الطين الاصطناعى وعملت منها حلقة وألصقتها حول الأنبوب فى مكان توقف قطرة الماء .

قالت تانيا :

— عندما تكونين فى صحة جيدة فإن درجة حرارتك طبيعية . وقد أشّرنا درجة الحرارة هذه على الأنبوب .

وسألت ايريشكا :

— فماذا يجب أن نقيس الآن ؟

ترجاها ليونيا بصوت حزين :

— درجة حرارتى .

هذا ما كانت تتوخاه تانيا وايريشكا . فاقتربتا منه ووضعتا تحت إبطه المحرار الذى عملتاه من القنينة الزجاجية . صعدت القطرة سريعا إلى الأعلى وتوقفت أعلى بكثير من تلك الحلقة التى تشير إلى درجة الحرارة الطبيعية .

قالت تانيا :

— القطرة صعدت أعلى من درجة الحرارة الطبيعية ، أى عندك حمى .

سأل ليونيا :

— إذا زالت الحمى ، تهبط القطرة أيضا ؟

— طبعا .

— أعطيني دواء ! بسرعة !

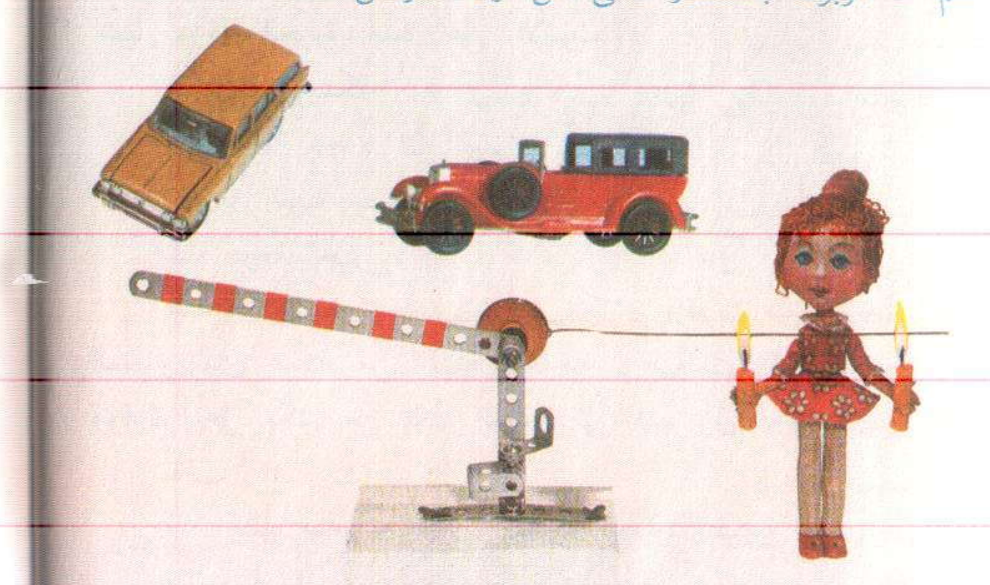
شرب ليونيا الدواء وبدأ ينتظر متى تزايله الحمى . ولما كان الانتظار شيئا مملا سأل تانيا :

— هل تتمدد كافة الحاجيات عند التسخين ؟

— نعم .

أخذت تانيا سلكا معدنيا وربطت أحد طرفيه بمسمار ناتئ من رف العرائس ، وربطت الطرف الثانى بحاجز المرور الذى جمعته من قطع التركيب .

تمعن فى هذا الرسم وستجد فيه سلكا مربوطا بعارضة ، هى حاجز المرور الذى يوضع عند تقاطع طرق السيارات مع السكك الحديدية . عندما يقترب القطار من المفترق ينزل هذا الحاجز فتتوقف السيارات . وهكذا إذن : السلك مربوط بالحاجز ويمر عبر عجلة صغيرة ، أما الطرف الثانى فهو ، كما نعلم ، مربوط بالمسمار الناتئ من رف العرائس .



نظر ليونيا إلى هذه اللعبة وقال :

— وماذا بعد ؟

تتبع وشاهد !

أخذت تانيا شمعتين وأعطت لايريشكا شمعتين أخريين . أشعلتا الشموع وقربتاها من السلك . فأخذ السلك من جراء الحرارة يتوسع ، وبالأحرى يتمدد ، أما الحاجز فينزل . أبعدتا الشموع عن السلك فأخذ يتقلص ويسحب الحاجز إلى الأعلى . يا له من شيء لطيف ، لا أحد يمس الحاجز ، أما هو فيصعد وينزل بنفسه . وبينما كانوا يجمعون الحاجز ، ويجرون التجربة بواسطة السلك وينظرون كيف يرتفع الحاجز وينخفض مرت ساعتان وربما ثلاث . تذكر ليونيا المحرار وقال مترجيا :

— أرجو أن تقيسا درجة حرارتى من جديد .

وضعتا تحت إبطه المحرار الذى صنعتاه من القنينة الزجاجية ، فزحفت قطرة الماء الملون إلى الأعلى ، ولكن ليس بالسرعة السابقة ، ثم توقفت . لكنها توقفت عند حلقة الطين الاصطناعى ، التى تشير إلى درجة الحرارة الطبيعية .

فهم الجميع رأسا أن الدواء أدى مفعوله وأصبحت درجة حرارة ليونيا مثلها عند ايريشكا ، أى طبيعية .

قالت تانيا :

— رائع ! كيف كنا سنشفيك لو لم يكن عندنا مثل هذا المحرار ؟

وضحك الكل سوية .

قد تظهر بعض الصعوبات إن لم يتوفر أنبوب زجاجي لتحضير المحرار من القنينة الزجاجية ، عندئذ يمكن الاستعاضة عنه بالأنبوب الفارغ (الشفاف) المأخوذ من قلم الحبر الجاف . ولكن يجب أن نأخذ بنظر الاعتبار أن قطر أنبوب قلم الحبر الجاف أصغر بكثير من قطر الأنبوب الزجاجي الاعتيادى المستعمل فى المختبرات وأنه من اللازم أن نأخذ لتحضير المحرار قنينة زجاجية صغيرة ، حجمها ٥٠ — ١٠٠ مليلتر .

وكيلا تنفلت قطرة الماء الملون فى لحظة إدخال السدادة مع الأنبوب إلى القنينة ، يجب أولا إدخال السدادة إلى القنينة ومن ثم إدخال الأنبوب الحاوى على القطرة فى الثقب المحفور فى السدادة .

إن تجربة تمدد السلك تجرى جيدا أيضا . ولكى تجرى بنجاح أكثر يجب استخدام سلك أطول (٣ — ٤ أمتار) . والحاجز الذى نجمعه من قطع التركيب يجب تثبيته على الطاولة بإحكام بواسطة مشبك أو ثقل ما ، أو إذا أمكن ، بالمسامير . ويجب أن نسخن السلك بصورة متساوية على امتداده . ولهذا السبب بالذات استعملت تانيا وايريشكا أربع شمعات وزعتاها على امتداد السلك بمسافات متساوية .

ويمكن إجراء تجارب أخرى توضح توسع الأجسام بسبب التسخين .

نأخذ على سبيل المثال قطعة نقدية نحاسية ونضعها على لوحة خشبية . ندق فى اللوحة عند كل جانب من جانبى القطعة النقدية (على امتداد قطرها) مسمارا واحدا بحيث يسهل على القطعة النقدية المرور بينهما . بعد ذلك نسخن القطعة النقدية ونحاول ثانية إمرارها بين المسمارين . إذا سخنا القطعة النقدية جيدا لن تمر بين هذين المسمارين .

تحويل الخطوات إلى نار

حدث لأبطالنا حادث خطير فى النهر . . . انكسر أحد المجذافين فى قاربهم . وظل الثلاثة وحدهم فى جزيرة وليس هناك من يساعدهم . الوصول الى الشاطئ الثانى بمجذاف واحد أمر غاية فى الصعوبة ، لأن أوب نهر عريض . ظلوا يصيحون طويلا إلا أنه لم يكن فى النهر وعلى شواطئه من يسمعهم . وأخيرا أدركوا أنه لا جدوى من الصياح ، فانتابهم الخوف والهلع وظهرت على وجوههم الكآبة والحزن . وحتى تانيا لم تكن تعرف ما يجب عمله . جلست على الشاطئ وأخذت تقلب بيديها عبثا شظية من المجذاف المكسور .

قال ليونيا :

— يجب أن نشعل نارا . . فلربما يرانا أحد !

كيف نشعل النار وليس عندنا ولا عود ثقاب واحد ؟ — قالت تانيا ورمت شظية المجذاف على الرمل .

وفجأة صاحت ايريشكا :

— أنا أعرف كيف ! يجب أن نأخذ عودين ونفرك أحدهما بالآخر ، كما كان يفعل الإنسان القديم ، فنحصل على النار .

فتساءل ليونيا مندهشا :

— كيف ؟

قالت تانيا فرحة :

— عندما نفرك حاجة بأخرى ، فإن كلتيهما تتسخنان من جراء الاحتكاك .

— لا أفهم ما تقولين .

قالت ايريشكا :

— أعطنى يدك .

أخذت يده وصارت تفرك راحتها بيدها بقوة .

صاح ليونيا :

— آخ ! — شعر بالسخونة وكأن مكواة وضعت على يده .

ضحكت تانيا وقالت :

— إذن فهمت ؟

— قال ليونيا وهو يحك يده — نعم فهمت .

تناول ليونيا عودين وبدأ يفرك أحدهما بالآخر بقوة . غير أن العودين لم يتسخنا إلا قليلا .

— لن تصل بهذا الشكل إلى نتيجة — قالت تانيا وبدأت تدير العود بين راحتى يديها بعد أن اسندت طرفه الآخر إلى جذع الشجرة الذى تجلس عليه . ظلت تفركه طويلا ، حتى حدث تقعر فى جذع الشجرة . . .



قررت تانيا أن ترتاح قليلا . وعندها وضعت ايريشكا أصبعها على ذلك المكان حيث كانت تانيا تسند العود وقالت :

— إنه ساخن جدا .

قالت تانيا وهى تنظر إلى الجسآت التى بدأت تظهر على راحتى يديها :

— لا . . بهذا الشكل سنتعب أيدينا بدون فائدة . من الضرورى أن نفكر كيف يجب إدارة العود .

استغرق الجميع فى تفكير عميق . وساء مزاجهم من جديد بعد أن اتضح لهم أن الحصول على النار بالاحتكاك أمر ليس بالسهل . كان ليونيا يفكر بجدية لدرجة أن وجهه توتر وعبس تماما . كان يجوب المكان جيئة وذهابا . أخذ الحبل الموجود فى القارب وبدأ يتداوله من يد لأخرى ونظر إلى العود المطروح بالقرب من تانيا .

وحزرت تانيا وايريشكا ما ابتدعه ليونيا . أخذ الثلاثة العود ولفوا الحبل عليه لفة واحدة ووضعوه على جذع الشجرة وضغطوه من الأعلى بلوحة خشبية . تانيا تمسك اللوحة وتضغط بها على العود ، أما ليونيا وايريشكا فأخذا بطرفى الحبل وشداه ومن ثم صارا يركضان تارة إلى الأمام وتارة إلى الخلف . فأخذ العود من جراء ذلك يدور بسرعة مرة فى اتجاه وثم فى الاتجاه المعاكس . وسرعان ما تصاعد الدخان . غير أن العود لم يلتهب بعد .

قالت ايريشكا :

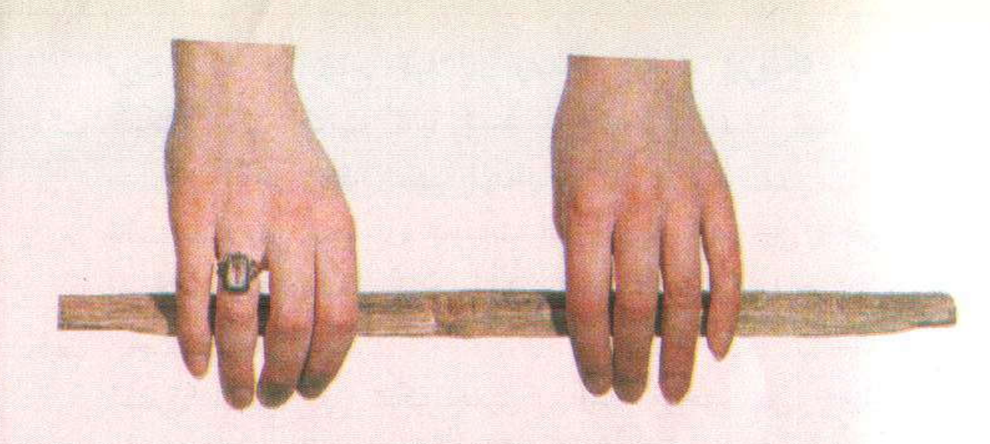
— يجب أن نعمل لعودنا دثارا .

تساءل ليونيا مندهشا :

— أى دثار ؟

— دثار من أوراق الأشجار اليابسة ، حتى لا تتسرب الحرارة إلى كافة الجهات عبثا .

وبلمح البصر جاء الصغار بكومة من أوراق الأشجار اليابسة وغطوا بها مكان استناد العود إلى جذع الشجرة . بدأ الاثنان يركضان من جديد فأخذ



العود يدور ثانية وتصاعد الدخان وفجأة اندلع بين الأوراق لهيب أحمر قاتم أثار دهشة الجميع . أضافوا قليلا من أغصان الأشجار اليابسة والرفيعة ، وصاروا يراقبون النار كيف تلتهم الأغصان بصورة مدهشة .

سأل ليونيا :

— هل تعرفان ماذا اخترعنا اليوم ؟

— أخبرنا يا ليونيا !

— تعلمنا كيف نحول الخطوات إلى نار .

قالت ايريشكا ضاحكة :

— . . . جهابذة فى الفيزياء .



بدأ الثلاثة يرقصون ويرنمون بأنغام مرحة . ظلوا يمرحون ويرقصون ويغنون حتى لاحظوا أن الشمس بدأت تختفى وراء الأفق ، وبالرغم من مرور الوقت فإنهم لم يحصلوا على مساعدة . يبدو أن أحدا لم يلاحظ النار فى النهار . وعند الغروب تتوجه القوارب إلى المرفأ .

النار تشتعل والثلاثة جالسون حولها يتطلعون إلى الأفق وعلى وجوههم علامات الكآبة والحزن .

صاحت ايريشكا فجأة :

— أنظرا . . قارب !

فهبوا من مكانهم . سمعوا فى البداية سقسقة بعيدة وبعدها رأوا فى الغسق نقطة سوداء تتحرك نحو الجزيرة .

صاح الجميع :

— عظيم ! — وبدأوا يلوحون بأيديهم . وبعد خمس دقائق وصل زورق بخارى إلى الجزيرة .

الآن فى الزورق السائق وتانيا وايريشكا وليونيا . ايريشكا وليونيا يغطان فى نوم عميق . ليس فى ذلك ما يدعو للدهشة ، فقد انفعلا وتأثرا كثيرا خلال هذا اليوم وألمّ بهما تعب شديد .

الحصول على النار عن طريق الاحتكاك يتطلب مهارة عالية . ولهذا الغرض تلزم أنواع خاصة من الخشب ، قد تكون غير متوفرة . إلا أن ثمة شيئا آخر أكثر أهمية بالنسبة لنا ، وهو أن نبين كيف تتحول الطاقة الميكانيكية (الخطوات) إلى حرارة .

إن تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية يمكن ملاحظته فى مجالات كثيرة . فمثلا عندما ننشر الخشب (أو المعدن) بالمنشار نرى

أن المنشار والخشب يتسخنان . وإذا فركنا أصبعنا بقوة بالطاولة فإننا سرعان ما نشعر بالحرارة تدب فيه .

والأجسام تتسخن حينما نطرقها . فإذا أخذنا مطرقة وبقينا مدة طويلة نطرق بها على قطعة من المعدن فسنرى أن المعدن والمطرقة يتسخنان . وإذا طرقنا حجرين أحدهما بالآخر فى الظلام ، فيمكننا عندئذ أن نرى الشرارات المتطايرة ، التى هى عبارة عن شظايا صغيرة متطايرة من الحجرين ومتسخنة حتى الاحمرار . وعيدان الثقاب التى تستعملها فى الوقت الحاضر هى أيضا تشتعل من جراء الاحتكاك ، إلا أن الأمر بالنسبة لنا أسهل بكثير منه بالنسبة للإنسان القديم ، ذلك لأن نهايات هذه العيدان تطلى بمادة يمكن أن تشتعل مهما كان الاحتكاك طفيفا .

ولكن لنعد إلى عملية الحصول على النار بواسطة الاحتكاك . فلا تثريب عليكم إذا لم تتمكنوا من تنفيذ التجربة حتى النهاية . ولعل من المؤكد أنكم ستتمكنون من التوصل إلى حد يتصاعد فيه دخان كثيف من العود المحتك بالخشبة . وذلك برهان ساطع على تسخن الأجسام عند الاحتكاك .



اسئلة وتمارين

١ — فى القدم كانوا يدثرون القدر المملوء بالحساء بلحاف أو معطف فرو . لماذا يفعلون ذلك ؟

٢ — ليس هناك هواء يحيط بالقمر . وفى النهار تبلغ درجة الحرارة على القمر ١٢٠ درجة مئوية ، اما عندما يحل

الليل وتختفى الشمس وراء الأفق ، فيكون الجو صقيعيا وتهبط درجة الحرارة إلى ١٨٠ درجة تحت الصفر . لماذا لا يحدث على الأرض مثل هذا الصقيع وهذا الحر ؟ فالشمس تبعد عن الأرض كبعدها عن القمر لا أكثر ولا أقل .

٣ — فى بعض البلدان الحارة يرتدى الناس صيفا أردية قطنية مضرّبة ويغطون رؤوسهم بأغطية من الفرو . لماذا يفعلون ذلك ؟

٤ — فى الشمال يشيد الناس أحيانا بيوتا من الثلج . لماذا يكون داخل البيت الثلجى أدفأ من خارجه ؟

٥ — متى تكون الأسلاك بين الأعمدة مشدودة أكثر — فى الصيف أم فى الشتاء ؟

٦ — لماذا تترك بين قضبان السكك الحديدية خلوصات أو فراغات ؟

٧ — أنظر بانتباه إلى المحرار الموجود فى الغرفة ، واذكر ما الذى يتمدد أو يتقلص فيه ؟

٨ — لماذا يتسخن المنشار عندما ننشر بواسطته قطعة من الخشب أو الحديد ؟

٩ — هل يمكن الحصول على النار عن طريق الاحتكاك إذا كان لديك عود ثقاب وعلبة كبريت ؟

١٠ — عندما يحتك دولاب القداحة بالحجر الموجود فيها تتطاير من الحجر شرارات . لماذا يحدث ذلك ؟

السوائل والغازات والأجسام الصلبة

لماذا يرتفع المنطاد ؟

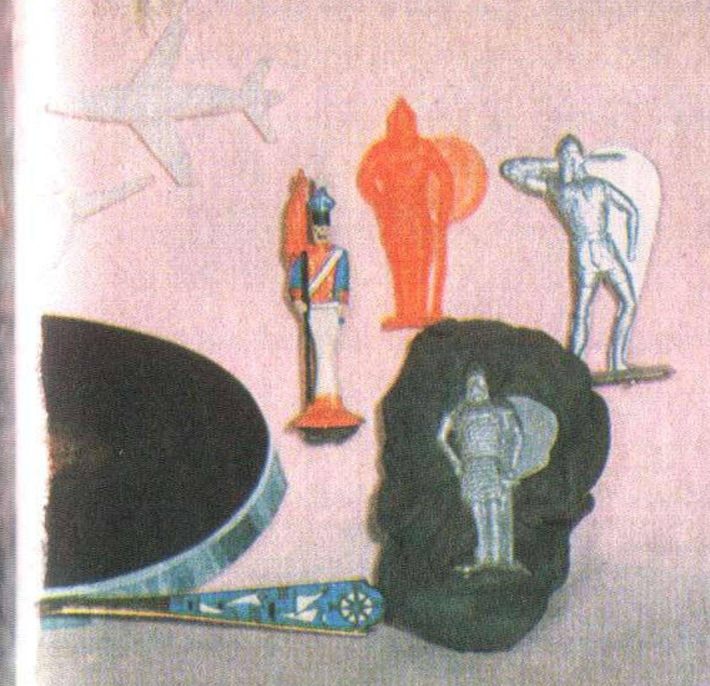
لماذا تهب الريح ؟

الأحجار السائلة

الماء الصلب

لماذا ينزل المطر ؟

لماذا يتساقط الثلج ؟



لماذا يرتفع المنطاد ؟

توجهت تانيا وايريشكا صيفا فى سفرة سياحية إلى إقليم آلطاى ، بينما بقى ليونيا ليعيش فترة فى عائلة أصدقائهم .

ذات مرة كانت تانيا وايريشكا تجمعان أحجارا لتضيفاها إلى مجموعة الأحجار التى عندهما . ذهبتا بعيدا عن المخيم . وفجأة تعثرت ايريشكا وفسخت رجلها ، فتعذر عليها المشى .

حملتها تانيا على يديها ، فقالت ايريشكا :

— اتركينى هنا ! واذهبى إلى المخيم ثم عودى مع الآخرين لتأخذونى .

ردت عليها تانيا :

— لا تهرفى ! الأفضل أن نرتاح ونفكر بما سنفعله بعد .

توقفتا عند النهر الجبل وأشعلتا النار وبدأتا ترتاحان . الهدوء يخيم على المنطقة والجبال جهمة تنظر إلى تانيا وايريشكا .

قالت ايريشكا :

آه ، يا ليت عندنا محطة لاسلكية !

فردت عليها تانيا :

— أو حمامة بريد من الحمام الزاجل .

— أو صاروخ إنارة .

تطلعت تانيا إلى الدخان وهو يفترش شاطئ النهر وقالت :

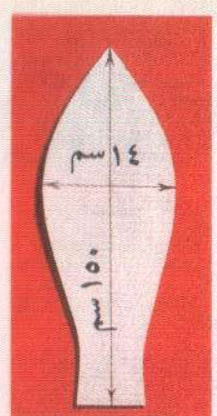
— الريح تهب باتجاه المخيم . . ماذا لو أطلقنا منطادا هوائيا وربطنا به رسالة مختصرة ؟ !

هزت ايريشكا رأسها وتنهدت ثم قالت :

— من أين نحصل على المنطاد ؟

ردت عليها تانيا :

— نصنعه من الورق الرقيق بعد أن نلصقه ببعضه .



وأخرجت من حقيبة الظهر صمغا ورزمة من الورق كانت معها للف الأحجار الجميلة التى تجـدانها لمجموعتهما . وقالت ايريشكا دون أن يقر لها قرار :

— ولكننا نحتاج إلى غاز أخف وزنا من الهواء . . فبدونه لا يصعد المنطاد إلى الاعلى ؟

— عادة ينفخ فى المناطيد إما غاز الهيدروجين أو غاز الهيليوم . وكلاهما أخف وزنا من الهواء ، لذلك نراهما يرفعان المنطاد . ولكن عندنا غاز خفيف آخر ، وهو الهواء الحار . ما رأيك ، لماذا يتصاعد الدخان إلى الأعلى ؟

تذكرت ايريشكا تجربة المحرار المصنوع من القنينة الزجاجية وشرعت تقول :

— أولا ، إن كافة الأجسام تتمدد عند التسخين . . . ولا شك أن الهواء يتمدد أيضا .

— وكيف تبرهنين على ذلك ؟

بدأت ايريشكا تنبش فى حقيبتها وأخرجت منها أنبوبة حديديـة صغيرة . طمست أحد طرفيها فى الماء حتى تغطى بغشاء مائى ، أما الطرف الثانى فسدته بأصبعها . بعد ذلك أخذت من النار غصنا يابسا مشتعلا وبدأت تسخن الأنبوبة . وسرعان ما انتفخ الغشاء المائى على طرفها مثل الفقاعة ومن ثم انفجر . واسترسلت ايريشكا فى القول :

— من جراء التسخين بدأ الهواء الموجود فى الأنبوبة يتمدد ويخرج منها .

قالت تانيا :

— هذا يعنى أن الهواء يتوسع عند التسخين وتقل كميته فى الأنبوبة ، أى أنه يصبح . . .

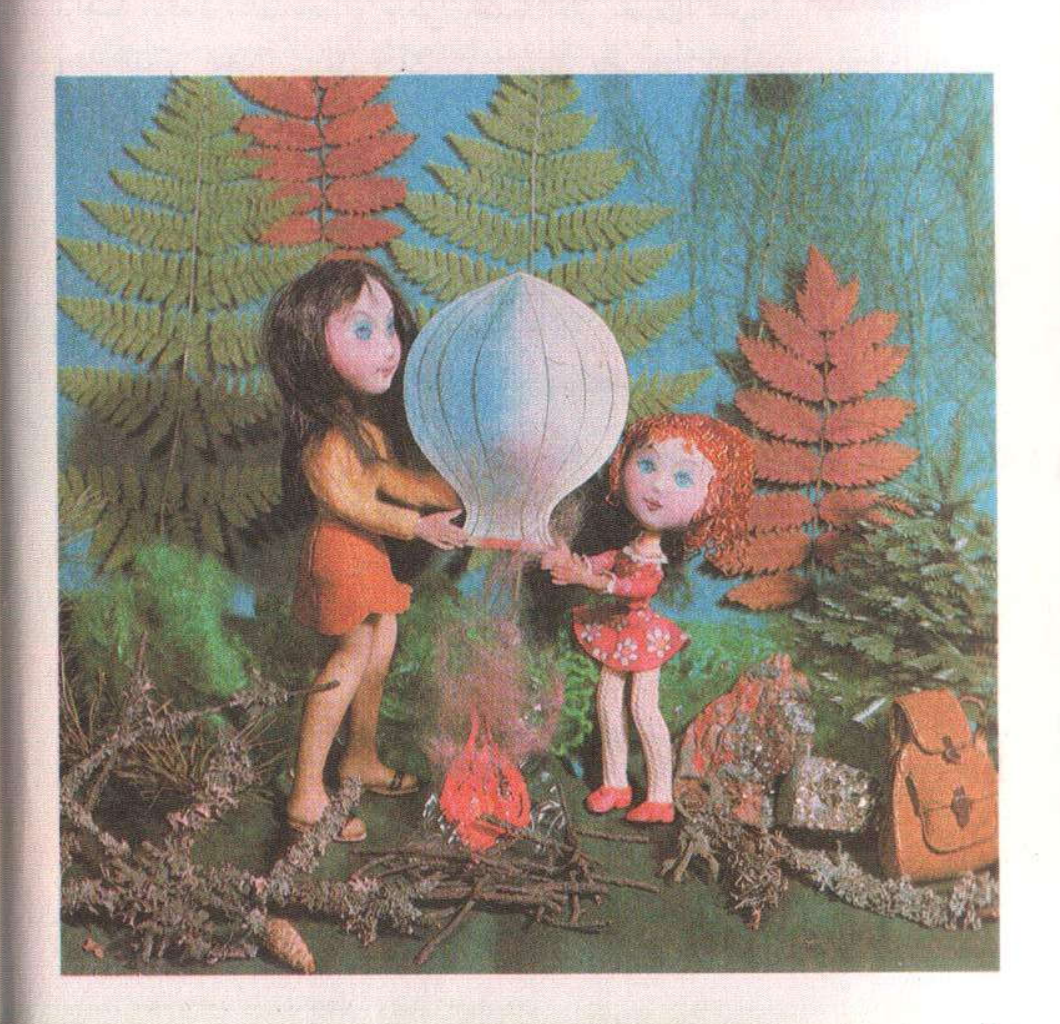
— أخف — حزرت ايريشكا .

لنبدأ بالعمل إذن ! — قالت تانيا . وفرشت ورقة رقيقة على الحشيش وصارت تعدلها .

قصتا اثنتى عشرة قطعة من هذا الورق كالخوص وبدأتا تلصقانها ببعضها . العمل يجرى بطيئا وايريشكا تقول :

— إذا واصلنا عملنا على هذا المنوال سنقضى نصف النهار لإكماله . . .

— لا تقلقى ، سنكمله إن عاجلا أم آجلا . لكن الأمر يتطلب دقة



عالية حتى لا تبقى ثقوب فى نقاط اللصق .

بعد الانتهاء من تحضير المنطاد وضعته تانيا ليجف ، أما ايريشكا فكتبت رسالة قصيرة : «تعثرت وفسخت رجلى فى وادى الأشباح الجبلية . ننتظر مساعدتكم ! ايريشكا» .

ربطت تانيا وايريشكا الرسالة بالمنطاد ورفعتاه فوق النار المشتعلة . وسرعان ما امتلأ بالهواء الحار وشعرت ايريشكا بأنه يحاول أن يفلت من يديها وينطلق إلى الأعلى . فالهواء الحار الذى هو أخف من الهواء البارد يرفع المنطاد .

تانيا وايريشكا أطلقتا المنطاد فى آن واحد ، فأخذ يرتفع إلى الأعلى بسرعة .

هتفت ايريشكا :

— يرتفع فى الهواء كما ترتفع الفقاعة الهوائية من تحت الماء .

قالت تانيا :

— لعلمك إن التحليق بواسطة المناطيد الهوائية يسمى بالملاحة الجوية .

إذا رغب الطفل فى تحضير المنطاد الهوائى فلا بد من مساعدته فى ذلك . يحضر المنطاد الهوائى من الأوراق الرقيقة . وتوجد على الرسم تفصيلة خاصة لهذا المنطاد . وإذا كانت قطعة الورق الموجودة عندكم قصيرة فيمكن لصق قطعتين ببعضهما . وبعد تحضير كل أجزاء المنطاد (وعددها اثنا عشر جزءا) يمكن لصقها ببعضها . ومن الأفضل لصق هذه القطع أزواجا ، فتكون عندنا بذلك ستة أزواج . يجب لصق هذه الأزواج مع بعضها بحيث نحصل على ثلاثة أجزاء مكونة للمنطاد . وأكثر ما نلاقيه من صعوبات ، هو عندما نلصق اللصقات الأخيرة . ننصحكم فى هذه

الحالة أن تضعوا الصمغ على قسم غير طويل (١٠ — ١٥ سم) من الجزئين المراد لصقهما ، فهذا أسهل وأسرع بكثير . ومن الأفضل أن يلصق هذا الورق بالصمغ السائل . أما الفتحة الحاصلة فى قمة المنطاد فيجب سدها بقطعة من الورق دائرية الشكل . ويجب أن نجعل عدد الرقع قليلا قدر الإمكان ، ذلك لأن كل واحدة منها تزيد من وزن المنطاد بشكل محسوس .

وكيلا تكون الفتحة التى يدخل فيها الدخان مهدبة يجب لصق حواف القطع المحيطة بها بشريط من الورق عرضه ١٠ — ١٥ سم . وفى نفس الوقت يؤمن هذا الشريط الورقى موازنة المنطاد فى الهواء .

ولغرض إطلاق المنطاد من الضرورى أن يكون النهار غير حار والريح هادئة . قبل كل شىء نشعل النار وبعد ذلك نأخذ دلوا معدنيا عديم القاع ونضعه فى النار أو نأخذ أية حاجة أخرى يمكن أن تستخدم بمثابة أنبوبة تجمع الدخان فى دقق . ولا يمكن الاستغناء عن هذه الوسيلة ، وإلا سينتشر الدخان إلى كافة الاتجاهات وتتحرك ألسنة النار حيثما تشاء ، الأمر الذى يعيق ملء المنطاد بالدخان ، بل وقد تلتهم الألسنة النارية المنطاد ذاته .

لماذا تهب الريح ؟

فى ذلك اليوم كان سيريوجا مناوبا فى المخيم . اضطجع بالقرب من الخيمة وراح ينظر إلى السماء لعدم وجود شىء ينشغل به . السائحون تفرقوا كل حسب برنامج سفرته ، ولم يبق أحد فى المخيم سوى سيريوجا ومناوبين آخرين . وفجأة رأى سيريوجا فى السماء نقطة بيضاء ترتفع ببطء من وراء السفح الجبلى ، فحدق فيها وعرف بأنها منطاد هوائى يتوجه صوب المخيم مباشرة . وقد علقت بالمنطاد قصاصة من الورق . حزر سيريوجا بأنها رسالة ،

وأخذ يفكر كيف يتمكن من قراءتها . بدأ المنطاد يبتعد عن المخيم وعندها تناول سيريوجا المنظار وصار يقرأ الرسالة . وبصعوبة بالغة تمكن من قراءة ما كتب فيها : «تعثرت وفسخت رجلى فى وادى الأشباح الجبلية . ننتظر مساعدتكم ! ايريشكا» .

صاح سيريوجا : «يا أولاد ! أعرف أين تانيا وايريشكا !» وركض إلى المطبخ حيث كان باقى المناوبين .

تانيا وايريشكا تجلسان فى نفس المكان صامتتين . النار خمدت منذ وقت طويل ومزاجهما سىء للغاية .

وبغية صرف الوقت قالت تانيا :

— أنظرى إلى الهواء كيف يتدفق فوق الأرض المحروثة — وأشارت الى سفح الجبل المحروث . وكان يرى حقا كيف يتصاعد الهواء المتسخن بأشعة الشمس إلى الأعلى وكيف تهتز وتتراقص الأجسام البعيدة من جراء ذلك .

— الهواء المتسخن يتصاعد هناك كالدخان من النار .

كانت ايريشكا صامتة وفجأة قالت متسائلة :

— ترى هل يحصل فضاء مخلخل من الهواء إذا صعد الهواء برمته إلى الأعلى ؟

ابتسمت تانيا ، أما ايريشكا فصفقت على جبينها وضحكت :

— لو صعد الهواء برمته إلى الأعلى لاختنقنا . ولكن لا داعى للقلق ، فعندما يصعد الهواء المتسخن إلى الأعلى يحل محله من جميع الجهات هواء بارد . أليس كذلك ؟

— نعم ، إنه يهب فيحرك أغصان الأشجار وترفرف الأعلام ويتصاعد الغبار وتحدث الأمواج فى المياه .

استرسلت تانيا فى الكلام :



— أنظرى كيف تجرى الطبقة العليا من الغيوم فى اتجاه والطبقة السفلى فى اتجاه آخر .

قالت ايريشكا متحيرة :

— ترى إلى أين تهب الريح ؟

فردت عليها تانيا :

— الشمس تسخن الهواء فوق الحقل إلى درجة عالية ، فيرتفع . وفى أعالى الجبال الهواء أبرد ، لذا ينزل إلى الأسفل . بعد ذلك يتسخن فى الأسفل ويصعد من جديد إلى الأعلى ، أما الهواء الباقى في أعالى الجبال فينزل من جديد إلى الأسفل . وتزداد كمية الهواء بالقرب من الجبال فيهب صوب الحقل .

سألت ايريشكا :

— هذا يحدث على الأرض ، ولكن ماذا يحدث هناك فى الأعلى ؟

— فى الأعلى يتحرك الهواء فى اتجاه آخر نحو الجبال . نحن نجلس على الأرض ونرى كيف تسوق الريح الغيوم العالية فى اتجاه ، والغيوم الواطئة فى اتجاه آخر . أليس هذا جميلا حقا ؟

أجابت ايريشكا :

— جميل جدا ! — وتحسن مزاجها بعض الشيء . . .

. . . النجوم تتلألأ والجو هادئ . وتهادى وقع أقدام أشخاص فى الدرب الضيق فى الغابة . ذلك هو سيريوجا وأصدقاؤه . وكانت معهم تانيا أيضا . وفى الظلام لا أثر لايريشكا . ولو أمعنا النظر لرأينا أحد الأولاد يحمل على ظهره ايريشكا بدلا من حقيبته . لم تر النجوم ولم تسمع وقع أقدام الباقين . . كانت تغط فى نوم عميق .

عندما تشرحون للصغار لماذا تهب الريح يمكن إجراء التجربة التى نعرفها من درس «الأشياء والصحة» فى المدرسة الابتدائية . لو فتحنا باب البيت قليلا فى البرد القارس وقربنا شمعتين مشتعلتين من الشق الحاصل فى الباب ، احداهما أسفل الشق والأخرى أعلاه ، نلاحظ لهيب الشمعة السفلى يميل إلى داخل الغرفة ، أما لهيب الشمعة العليا فيميل إلى خارج الغرفة . وهذا يحدث لأن الهواء الساخن فى الغرفة يرتفع ويخرج من خلال الشق فى أعلى الباب ، أما الهواء البارد فلسبب ثقله نراه يتسرب إلى الغرفة من خلال الشق فى أسفل الباب . وبعد فترة يتسخن الهواء البارد فى الغرفة ، فيرتفع إلى الأعلى ويخرج من خلال القسم العلوى للشق ، ويأتى محله من جديد هواء بارد وهكذا دواليك .

وعلى هذا النحو بالذات تهب الرياح فى الطبيعة . إلا أن ما يحدث فى الواقع أعقد بكثير طبعا . فعلى الأرض تحدث فى آن واحد تيارات هوائية كثيرة تؤثر على بعضها بصورة متواصلة . وتصبح هذه التيارات الهوائية أكثر تعقيدا بسبب دوران الأرض حول محورها .

الأحجار السائلة

ذات مرة استلم الثلاثة طردا بريديا من شبه جزيرة كامشاتكا . والكلمات عاجزة عن وصف سرورهم وابتهاجهم . وهذا أمر طبيعى لأن الطرد وصل من والدى ليونيا وايريشكا . فتحوا الطرد وأخرجوا الرسالة الصغيرة من داخله وراحوا يقرأونها : «أعزاءنا تانيا وايريشكا وليونيا ! إننا سعيدان لكونكم لا تقتلون الوقت عبثا وتدرسون الفيزياء . نبعث إليكم فيلما لطيفا صورناه هنا خصيصا لكم . لكن فى البداية حلوا الأحجية المغلفة بالورقة . قبلاتنا الحارة لكم . ماما وبابا» .

أخذت تانيا الرزمة بيدها وقالت :

— يا لها من أحجية ثقيلة !

عندما فتحوا الرزمة وجدوا فى داخلها حجرا تبرز منه سكينة صدئة ومحروقة .

سأل ليونيا محملقا :

— من الذى غرزها فى الحجر ؟

قالت ايريشكا :

— ليس المهم من الذى غرز السكين فى الحجر ، بل المهم كيف تمكن من ذلك . فالحجارة لا يمكن قصها بالسكين !

قالت تانيا :

— إذن هذه هى الأحجية التى بعثها بابا وماما لنا .

مضت بضعة أيام ولم يتمكن أحد من حل الأحجية .

ذات مرة جاء إلى بيت أصدقائنا الثلاثة جارهم العم فاسيا . أروه الحجر ، فأخذه وصار يقلبه ويديره ومن ثم هز رأسه وقال :

— لا بد ان أساعدكم . تعالوا صباح الغد باكرا ، ونذهب سوية إلى المصنع .



الضوضاء فى المصنع شديدة جدا والكل يتكلمون بصوت عال ليسمعوا بعضهم بعضا . الصغيران يطوفان بعينيهما فيما حولهما فى الورشة ولم يتمكنا من تركيز انتباههما على شىء ما ، فكل ما فى الورشة يدعو للاهتمام . وفجأة التهبت نار حمراء ، أضاءت الورشة بكاملها فقرفص الاثنان من جراء ذلك . كان السيل النارى المتلألئ يتدفق من الجدار المرصوف بالطابوق .

صاح ليونيا مندهشا :

— ما هذا ؟

أجابه العم فاسيا :

— هذا فرن لصهر المعادن .

— لا أقصد الفرن . . إنى أسأل ما ذاك الأحمر القاتم الذى يجرى ؟

— قصدير !

— وما هو القصدير ؟

— معدن من المعادن .

— عجيب غريب ، معدن ويسيل كالماء !

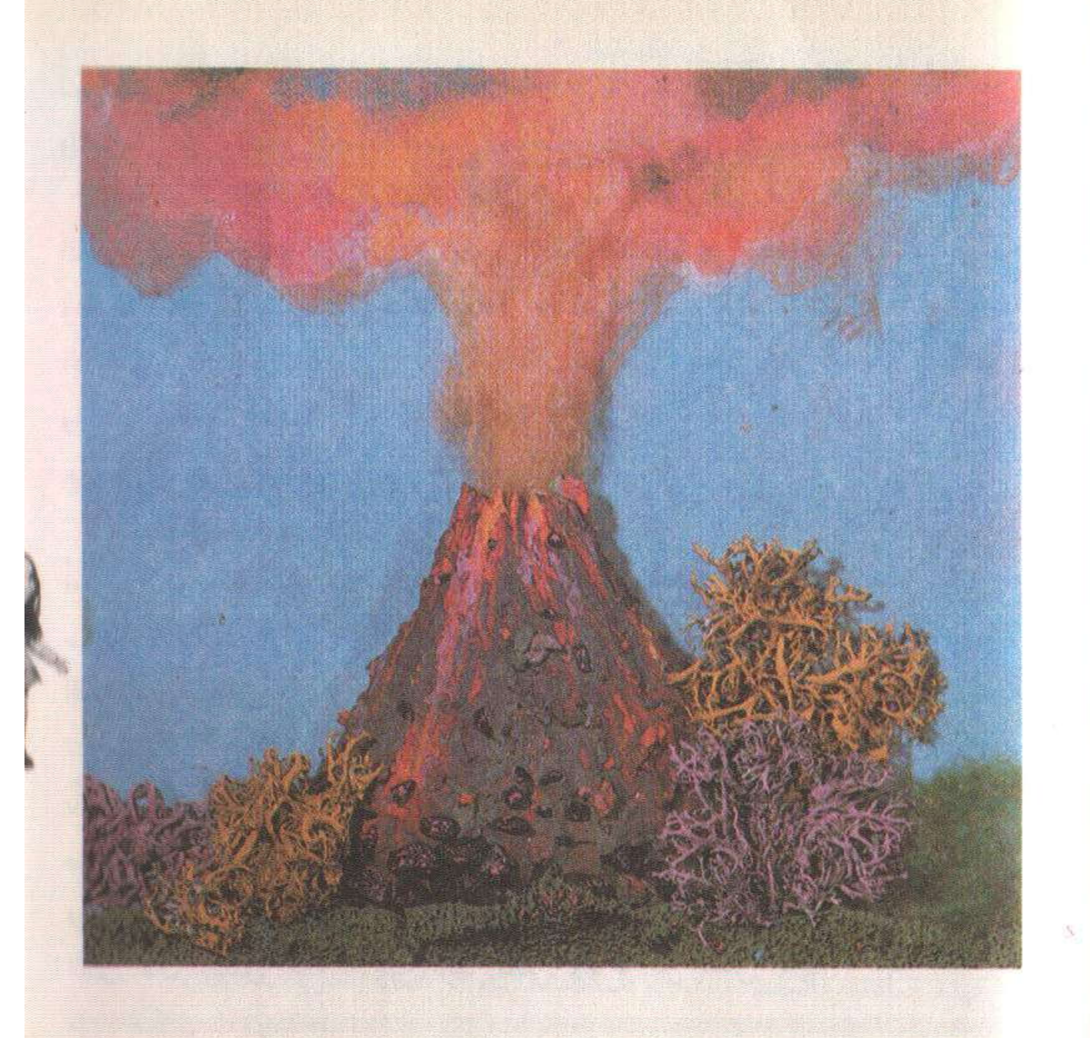
صاح العم فاسيا فى أذنى ليونيا وايريشكا :

— بالطبع ، لأنه ساخن ومتوهج . أنتما تعلمان بأن درجة الحرارة لجسميكما تساوى ٣٦° مئوية ، أما هنا فالحرارة تبلغ ١٠٠٠° مئوية . ولا يمكن الاستغناء عن التسخين هنا ، وإلا لتصلب القصدير من جديد . لنجرب ذلك !

تناول العم فاسيا مجرفة حديدية لها مقبض خشبى طويل واغترف بواسطتها قليلا من القصدير وسكبه على الأرضية الحجرية للورشة ، وسرعان ما بهتت هذه البقعة من القصدير وتحولت إلى لوحة رقيقة من المعدن الأبيض . أراد ليونيا أن يمسكها بيده ، إلا أن العم فاسيا كان متنبها وأوقفه قائلا :

— إنها ساخنة !

وأخيرا بردت قطعة القصدير فسمح العم فاسيا بأخذها .



عندما عادوا إلى البيت قال ليونيا متسائلا :

— ألا يعنى هذا بأن الحجر كان فى بادئ الأمر ساخنا ومنصهرا أيضا ؟

فردت عليه تانيا :

— وهو كذلك . هيا بنا نشاهد الفيلم وسنفهم عندئذ كل شىء .

شغلت تانيا جهاز عرض الأفلام فظهرت على الشاشة صورة جميلة ومخيفة فى آن واحد . فى الصورة جبل عال يتصاعد من قمته عمود من اللهب والدخان الأسود . وعندما تمعن الثلاثة فى الصورة رأوا أحجارا ساخنة حتى الاحمرار

تنطلق من قمته إلى الأعلى بفرقعة شديدة ، ثم تتهافت ببطء إلى الأسفل وتتساقط على سفح الجبل فتصبح مفلطحة كالرغيف ومن ثم تخمد .

لاحظ الثلاثة حفرة كبيرة جدا فى قمة الجبل . فقالت تانيا أن هذه الحفرة تسمى بفوهة البركان ، وهذه الفوهة تتحول فى داخلها إلى بئر واسعة وعميقة جدا ، تتوغل إلى الأعماق حيث الأرض ساخنة لدرجة أن جميع الأحجار تنصهر وتصبح فى حالة سائلة . وتسمى هذه البئر بفنجان البركان . وهذا الفنجان يقذف الأحجار الساخنة وكأنه مدفع ضخم . فقالت تانيا إن هذه الأحجار السائلة تسمى بالقنابل البركانية .

وفجأة شاهد الصغار نهرا واسعا يجرى من على حافة فوهة البركان . أمعنوا النظر فيه فعرفوا أن ما يتدفق فيه أحجار منصهرة . كانت هذه الأحجار سائلة كالقشدة الرائبة وحمراء كالبطيخ الناضج . كانت تغلى فتتصاعد منها الفقاعات كما يحدث عندما تغلى العصيدة على الموقد . وكانت أعمدة الهواء تتراقص فوق هذه الأحجار المنصهرة ، كما تتراقص فوق النار . فعرف الصغيران بأن هذه الأحجار ساخنة . ظهرت الأحجار من جديد على الشاشة وهى تتساقط من الأعلى كالقنابل البركانية . وفجأة تقدم من إحدى هذه «القنابل» شخص ورمى فيها بقوة سكينا ، فانغرزت فيها والتهبت كالخشبة . وعندما تنحى الشخص الذى كان يرتدى بدلة خاصة لونها فضى وقناعا من نفس اللون ، نط الصغيران من مكانهما وصاحا :

— بابا ! بابا !

حقا كان أبوهما ، مع أنهما لم يريا وجهه بسبب القناع الذى يرتديه . لقد عرفاه من مشيته .

سأل ليونيا بعد انتهاء الفيلم :

— ألا يعنى ذلك أن هذا الحجر «قنبلة» بركانية ؟

ردت عليه تانيا :

— بالتأكيد إنه «قنبلة» بركانية .

— وكان سائلا بسبب الحرارة ؟

— نعم .

— وكان فى أعماق الأرض سابقا ؟

— نعم .

— وكان فى أعماق الأرض سابقا ؟

— نعم .

قالت ايريشكا :

— يا له من حجر مدهش !

السفرة إلى المصنع ، كالتى جاء وصفها فى القصة ، عمل مفيد ولكن لا يمكن تحقيقه دائما . لذا نقتصر على التجارب التى سيدور الحديث عنها فى القصة القادمة ، وهى تجارب تستخدم فيها مكعبات السكر أو شمع البارافين او تجارب تجميد الماء .

من الضرورى أن تلفتوا انتباه الطفل إلى أن الحالة العامة للمادة تتوقف على الظروف التى توجد فيها . فإذا كانت المعادن فى الظروف الاعتيادية مواد صلبة ، فإنها تتحول عند درجات الحرارة العالية الى مواد سائلة ، واذا كانت درجات الحرارة أكثر ارتفاعا ، فإنها تتحول إلى الحالة الغازية .

ومن السهولة بمكان أن نتتبع تغير الحالة العامة للماء (الحالة الصلبة لهذه المادة — الجليد ، الحالة السائلة — الماء ، الحالة الغازية — البخار) .

الماء الصلب

علق ليونيا على الحائط قطعته من القصدير الشبيهة ببقعة الحبر وقال :

— ليت عندنا فرنا كالذى رأيناه فى المصنع ، فنعمل الكثير من اللعب .

فكرت ايريشكا قليلا وقالت :

— اللعب يمكن تحضيرها ليس من الحديد فقط ، بل ومن السكر أيضا .

فسأل ليونيا منذهلا :

— من السكر ؟

كفت ايريشكا عن الكلام وباشرت بالعمل . أخذت قليلا من السكر فى ملعقة للشاى ووضعتها على الطباخ الكهربائى . أشعلت الطباخ وظلت تنتظر .

أخذ السكر ينصهر ويملأ الملعقة كالماء . فالتقطت ايريشكا ملعقة أخرى ودهنتها بالزيت وسكبت فيها السكر السائل من الملعقة الأولى . وحتى لا تحترق يداها ارتدت قفازا من الصوف . بدأ السكر المصبوب فى الملعقة الثانية يبرد . وبغية إسراع هذه العملية وضعت ايريشكا الملعقة فى الماء البارد . وعندما برد السكر أخذت ايريشكا الملعقة وطرقت بها على الطاولة فوقع السكر منها . لم يكن هذا السكر عاديا ، بل كان شوكولاتة لذيذة لونها بنى ، ويذكرنا شكلها الخارجى بشكل الملعقة . أكل الصغيران هذه الشوكولاتة وصارا يفكران بما سيفعلانه بعد .

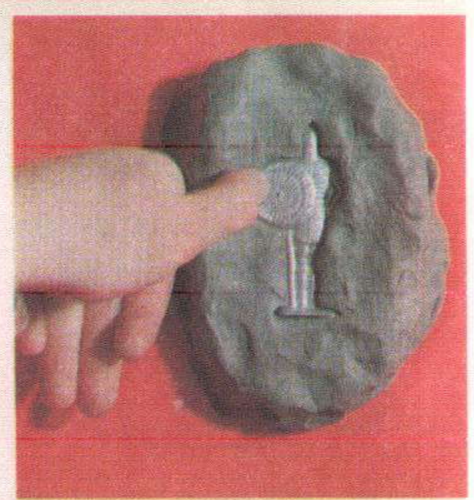
— إحمل جندك القصديريين الى هنا — قالت ايريشكا وراحت تعجن الصلصال . عندما جاء ليونيا بجنده أخذت ايريشكا واحدا منهم وضغطته فى عجين الصلصال ، فحصلت فى الصلصال حفرة أو قالب بشكل الجندى .













سألت ايريشكا :

— ما الذى يمكننا صبه هنا ؟

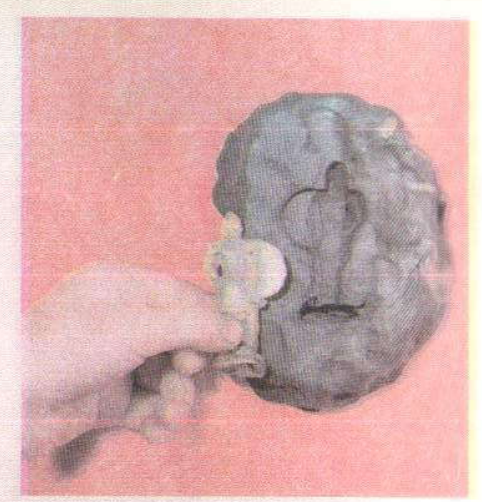
— تعالى نصهر البرافين !

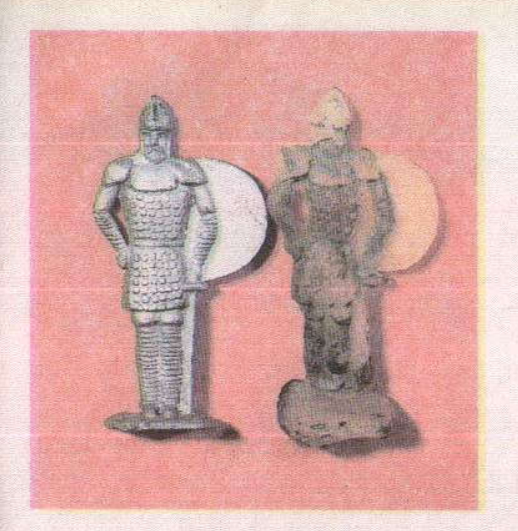
— هيا .

وضع الاثنان قدحا معدنيا على الطباخ وفى داخله عقب شمعة . وسرعان ما ماع عقب الشمعة وتجمع على قعر القدح برافين سائل . ارتدت ايريشكا القفاز مرة ثانية ، كيلا تحرق يدها ورفعت القدح من على الطباخ . تقدمت ايريشكا من الطاولة حاملة القدح بيد ممدودة ، حتى لا ينسكب البرافين الساخن على ساقيها ، وبدأت تصب البرافين فى القالب بحذر . ظل البرافين يبرد طويلا . الطبقة العليا منه باردة ، فى حين كان داخله لا يزال منصهرا . بعد ثلث أو نصف ساعة برد البرافين بكامله فأخرجا الجندى من القالب .

قال ليونيا :

— اسمعى يا ايريشكا . . الأرجح أن جنود القصدير صنعوا فى المصنع بهذه الطريقة . والفرق هو أنهم صنعوا من القصدير وليس من البرافين .





فكرت ايريشكا قليلا وقالت :

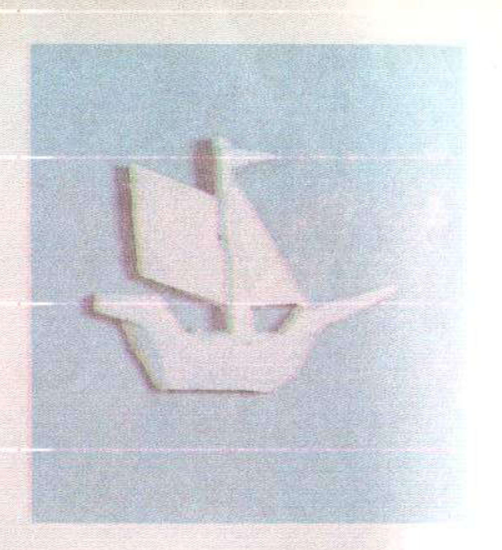
— لعلك على حق ! ثم أضافت فجأة : — ويمكن صنعهم من الماء أيضا !

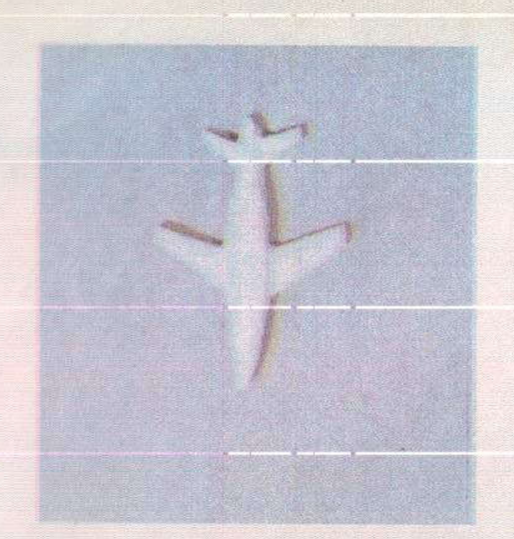
ظل ليونيا ينظر إليها طويلا دون أن يدرك كيف يمكن عمل لعبة من الماء ، فالماء سائل . وفجأة أسرع راكضا إلى غرفته وعاد حاملا قوالب خاصة للعب بالرمل . ملأ هذه القوالب بالماء ووضعها فى صندوق التجميد فى الثلاجة . وبعد ثلاث ساعات أخرج الجليد من القوالب . واندهش الاثنان للعب الجميلة التى حصلت . بعد ذلك عملا قوالب أخرى من الطين الاصطناعى وحصلا بواسطتها على طائرات ومراكب من الجليد ، بل وحصلا على شارة جميلة .

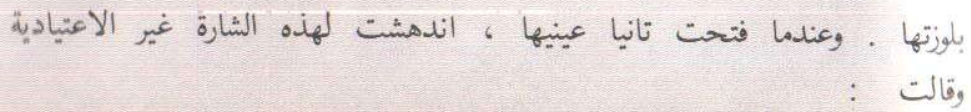
عندما جاءت تانيا إلى البيت أسرع الصغيران لاستقبالها فى الدهليز ، وقالت ايريشكا :

— أغمضى عينيك !

أطاعتها تانيا وأغمضت عينيها . شكّت ايريشكا الشارة الجليدية فى







بلوزتها . وعندما فتحت تانيا عينيها ، اندهشت لهذه الشارة غير الاعتيادية وقالت :

— من أى مادة عملت هذه الشارة ؟

لزم الصغيران الصمت .

وعندما عرفت تانيا من أى شىء صنعت الشارة قالت بصوت عال :

— من الجليد !

فأومأت ايريشكا برأسها وقالت :

— من الماء الصلب !

إن عملية تحضير اللعب من الجليد غاية فى السهولة ، غير أنه يجب أن نتحلى بالصبر ، لأن الماء لا يجمد فى الثلاجة مباشرة . وحتى يمكن شك الشارة الجليدية (ولو لبضع دقائق) من الضرورى أن نضع إبرة خياطة فى القالب بحيث يبرز رأسها المدبب من الماء عندما نصبه فى القالب .



لماذا ينزل المطر ؟

على قاعدة الشباك إبريق
شاى فيه ماء ساخن . البخار
ينطلق من فوهة الإبريق بقوة ،
فتندى زجاج الشباك . ايريشكا
كئيبة وترسم وجها على الزجاجة .
وما أن انتهت من رسمه حتى
بدأت الدموع تنهمر من عينيه . . .

عجبا ، هل يتحول الندى
إلى ماء إذا برد ؟
صحيح .
فى الصيف يكون الجو
رطبا فى الأيام الحارة . فالبخار
يتصاعد فوق الشارع ، وفوق
السكة الحديدية وفوق النهر .
يتصاعد البخار فيحجب عن
الرؤية تقريبا حتى الشاطىء .

لمقابل من النهر . بالطبع هذا البخار ليس كثيفا كالبخار المنطلق من فوهة إبريق الشاى ، والنهر أيضا كبير جدا بالمقارنة مع إبريق الشاى .

البخار يتصاعد ، فتحصل غيمة . إنها تجمع مزيدا من البخار ، فيبرد البخار فيها ، وعندها تبدأ الغيمة بذرف الدموع .

— أنت تعلمين يا ايريشكا بأن الماء يتبخر : البرك تنشف ، الأرض التى يبللها المطر تجف من جديد . فى الهواء يوجد دائما بخار المـــاء ، غير أننا لا نراه ، لأنه غير مرئى . يتصاعد البخار إلى الأعلى فيبرد ويصبح مرئيا بشكل غيوم . إنها تتكون من قطرات مائية صغيرة جدا . وهذه القطرات متناهية الصغر والخفة ، بحيث إنها لا تسقط إلى الأسفل ، بل تطير كالزغب . وإذا ما بردت الغيمة كثيرا ، تتجمع هذه القطرات المائية مع بعضها فتصبـــح كبيرة وثقيلة وتقع على الأرض ، أى ينزل المطر . والآن فكرى يا ايريشكا من أين يأتى الماء إلى الترع والأنهار والبحار ؟ أفلا يمكن له أن يتبخر فى الأنهار تدريجيا فتجف ؟

وأنت كذلك فكر فى السؤالين اللذين طرحتهما تانيا ، وأجب عليهما .

ركزوا انتباه الطفل على أن الماء فى الطبيعة يتبخر بصورة مستمرة (تجف البرك وتنشف الملابس بعد غسلها ، وفى الأيام الحارة يتصاعد بخار الماء فوق النهر بصورة غير ملحوظة تقريبا . . . والخ) .

ادرسوا ظاهرة تكثف البخار . ولهذا الغرض يمكن إجراء التجربة البسيطة التالية : نغطى قدرا فيه ماء يغلى بغطاء بارد . وبعد بضع دقائق عندما نرفع غطاء القدر نرى أن قطرات من الماء تتساقط منه .

أطلبوا من طفلكم أن يفسر لكم سبب حدوث ذلك .

لماذا يتساقط الثلج ؟

ايريشكا وتانيا فى الغابة تتزلجان على الثلج بالاسكى . الثلج يتساقط ندفا والمنظر خلاب يبهر البصر .

صاحت تانيا : — لا تتأخرى يا ايريشكا .

أما ايريشكا فتقف مشدوهة وتنظر إلى يدها بعد أن مدتها بقفازها الجميل إلى الأمام . ورجعت تانيا واقتربت من ايريشكا ثم وقفت معها أيضا .

إنهما تقفان معا وتنظران إلى ندف الثلج على القفاز الأحمر القانى . يا له من منظر جميل !

قالت تانيا : — أنظرى ، كل ندفة ثلج تتكون من بلورات ثلجية صغيرة جدا .

أما ايريشكا فكانت ترى ذلك بنفسها ولا تتمكن من صرف نظرها عنه .

فى اليوم التالى كان الجو صقيعيا . ايريشكا وتانيا تتمشيان فى ممرات الحديقة الملفعة بطبقة خفيفة من الثلج . الشمس تشع والثلوج تتلألأ جميلة . وسألت ايريشكا :

— إنه لشئ غريب . . من أين تأتى الغيوم فى الشتاء ؟ فالماء فى هذا الفصل جامد !

— الماء يتبخر دائما . . فى الشتاء والصيف ، إلا أن تبخره فى الشتاء أبطأ .

ايريشكا تعرف أن تانيا لا تحب الخداع بتاتا ، ومع ذلك لم تصدق بأن الماء يتبخر فى الصقيع أيضا .

قالت لها تانيا :

— أنظرى إلى البياضات المغسولة . . إنها تجف فى الصقيع .

جاءت الاثنتان إلى فناء البيت حيث البياضات المغسولة منشورة على الحبال فلمستها ايريشكا بيدها .



— متجمدة ! أنظرى ، .عليها قشرة من الجليد !

أجابت تانيا :

— هذا يعنى أن الجليد يتبخر . . فحتى المساء ستجف البياضات رغم كل شيء . لن يبقى عليها لا جليد ولا ماء .

— والثلج أيضا يتبخر ما دام يتكون من بلورات جليدية صغيرة ؟

— أجل إنه يتبخر ، ولكن ببطء . والأرض واسعة جدا . . أنظرى كم من الثلج يغطى سطحها . كل هذا الثلج يكفى لتحصل غيمة واحدة ، ثم إن الغيوم تأتينا من المناطق الحارة أيضا ، فيتجمد البخار فى الغيمة ويحصل الثلج .

أخرجت تانيا مفتاح الشقة من جيبها وصارت تنفخ عليه . بدأ المفتاح يتغطى بطبقة من الندى ، الذى سرعان ما تثلج . وكلما نفخت تانيا على المفتاح صارت طبقة الندى المتثلج أسمك وانتفشت حباته .

مررت تانيا يدها على المفتاح ، دون أن تخلع القفاز ، فتناثر الندى . ولم يكن من السهل القول بالتأكيد هل الذى يتناثر ثلج أم ندى متثلج .

— إذن الثلج والندى المتثلج شيء واحد ؟

— نعم ، إن ندفات الثلج تحصل من جراء تجمد بخار الماء الموجود فى الغيوم ، أما الندى المتثلج فهو بخار الماء المتجمد على الزجاج أو الحديد أو أغصان الأشجار وغيرها من الأشياء الأخرى .

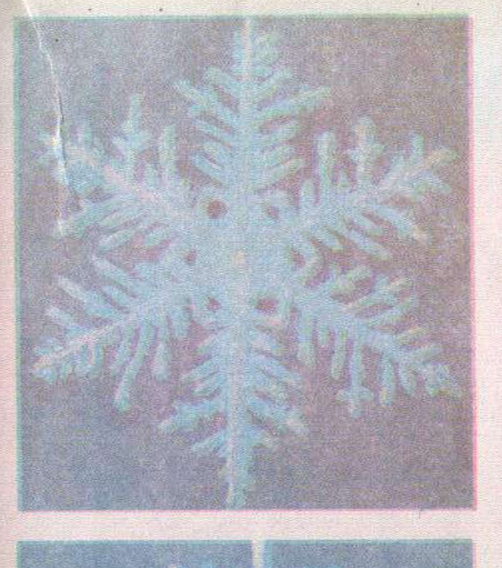
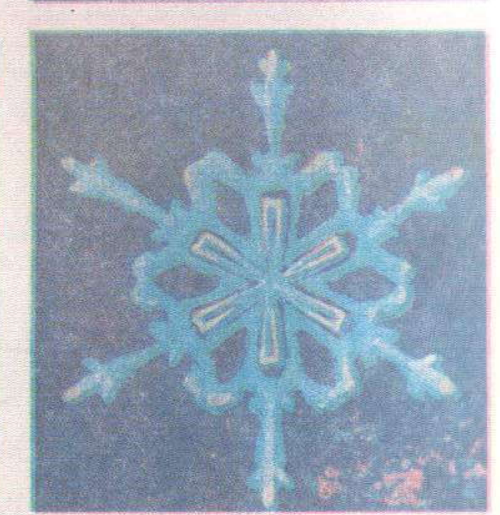
عندما عادت تانيا مع ايريشكا إلى البيت ، سألتها ايريشكا :

— لماذا تكون ندفات الثلج جميلة الشكل ؟

فكرت تانيا قليلا وقالت :

— الجليد يتكون من جزيئات صغيرة للغاية ، لا يمكن رؤيتها حتى بواسطة المجهر . ولهذه الجزيئات شكل سداسى الأضلاع .

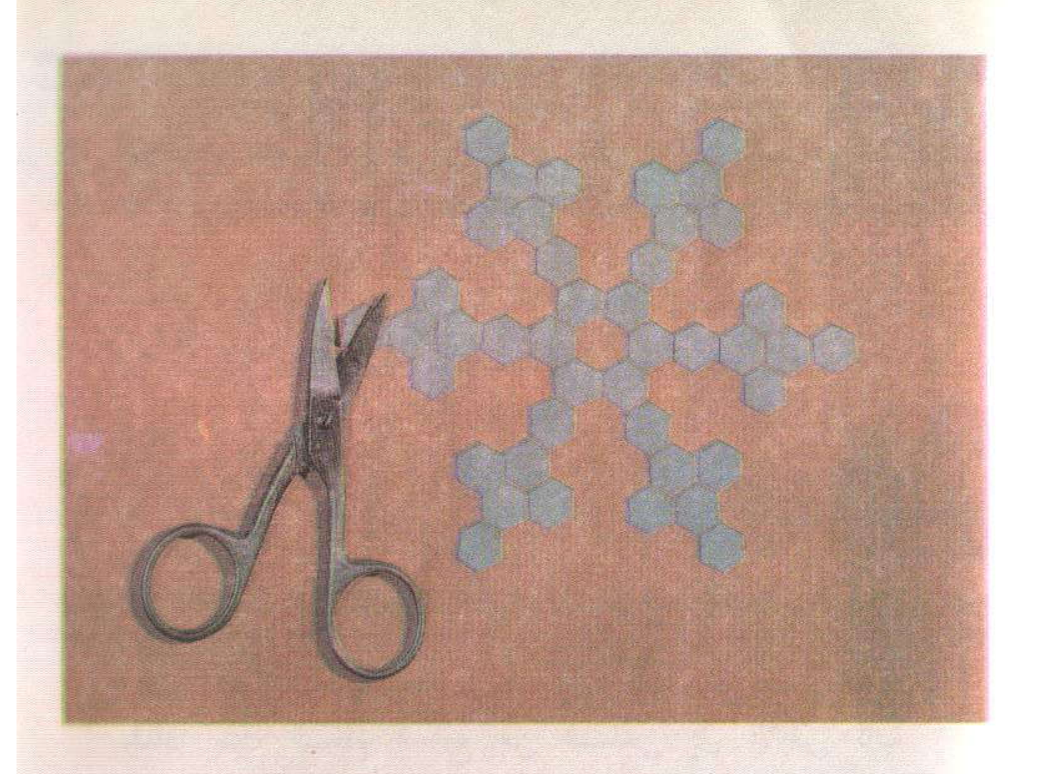
تناولت تانيا المقص وقطعت بضعة سداسيات الأضلاع من الورق وبدأت


تشرح لايريشكا قائلة :

— عندما تبدأ هذه الجزيئات الصغيرة تتجمع فى كتلة واحدة ، فإنها لا تتمكن أبدا من ان تكوّن شكلا دائريا أو مربعا . ولهذا السبب بالذات يكون شكلها عندئذ مثل النجوم السداسية .

جربت ايريشكا أن تجمع من سداسيات الأضلاع الورقية شكلا ما آخر، إلا أنها لم تفلح . فقد حصلت على نجيمات مختلفة الأشكال ، ولم



تحصل ، ولو لمرة واحدة ، على شكل دائرى أو مربع .

ظلت ايريشكا فترة طويلة تتفرج على هذه النجيمات ومن ثم قالت :

— إنه لشىء غريب ، إذا كانت رؤية هذه الأشياء تستعصى على الإنسان حتى بواسطة المجهر ، فكيف عرفها إذن ؟

لزمت تانيا الصمت قليلا ثم قالت :

— هذا من حدس الإنسان .

نظرت ايريشكا إلى تانيا ، فرأتها جادة فى كلامها . وهذا يعنى أن كل ما قالته حقيقة .

تفحصوا ندفات الثلج مع طفلكم . كرروا تجربة تجمد البخار على الحاجيات المعدنية المبردة . واطلبوا من الطفل أن يفسر لكم هذه الظاهرة .



أسئلة وتمارين

١ — لماذا يتصاعد الدخان إلى الأعلى فى الجو الهادئ ؟ ولماذا ينزل السخام الخارج من المداخن إلى الأرض ثانية ؟

٢ — تصوروا بأنكم عملتم كرة من الورق الرقيق ولكن لم يسمح لكم بإشعال النار . فكيف يمكنكم ملء الكرة بالهواء الساخن فى هذه الحالة ؟

٣ — عندما تكون الكرة مملوءة بالهواء الساخن ، متى تصعد إلى الأعلى بصورة أسرع : فى الصيف أم فى الشتاء ؟

٤ — فى الأيام المشمسة يصعد الهواء فوق الحقول المحروثة والشوارع والشواطىء إلى الأعلى . فلماذا ؟

٥ — متى تأتى الريح بالفائدة على الإنسان ؟ ومتى تتسبب بالأضرار ؟

٦ — أذكر المكنات والوسائل واللعب التى يمكن أن تشتغل بواسطة الريح .

٧ — لماذا تكون الأحجار المندفعة عند ثوران البراكين سائلة ؟

٨ — هل يجوز لنا أحيانا ان نقول بأن الحديد سائل ؟ هل يمكن الحصول على بخار الحديد ؟

٩ — إلى أى شىء يتحول البخار عندما يبرد ؟

١٠ — من أية مادة تتكون ندفات الثلج والندى المتلج ؟ كيف يمكنك إثبات ذلك ؟

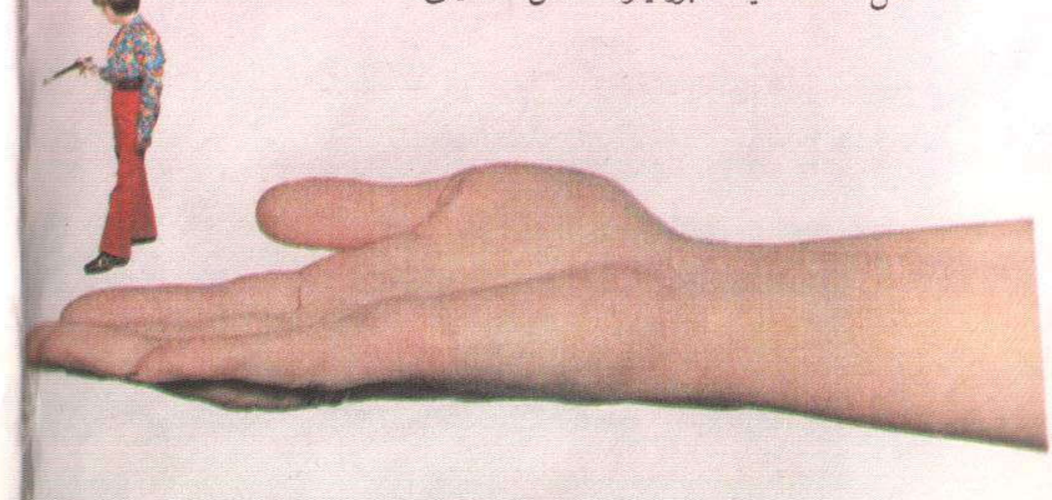


الفراغ والحركة

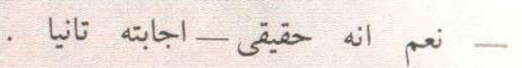
الأقزام الكرتونية فى السينما

ذات مرة عرض على شاشة التلفزيون فيلم أعجب به الصغيران كثيرا ، وكان اسمه «المفتاح الذهبي» . بعد انتهاء الفيلم ظل ليونيا طويلا يفكر بشىء ما ثم سأل :

— هل الشخصية «بوراتينو» ممثل حقيقى ؟



— نعم انه حقيقى — اجابته تانيا .



— والشخصية «بيرو» ايضا ؟

— نعم .

— والشخصية «مالفينا» ؟

— وهى ايضا .

— ترى كيف اتسعت طاولة اعتيادية لوقوف ثلاثة اشخاص ؟

قالت ايريشكا :

— ربما عملوا الطاولة بدرجة من الضخامة ، بحيث تبدى الناس الكبار عليها وكأنهم صغار ؟

قال ليونيا معترضا :

— لكن بابا «كارلو» كان بالقرب منهم ، وكان واضحا تماما أن الطاولة ليست كبيرة !

لم تحاول تانيا هذه المرة أن تفسر للصغيرين أى شىء . غير أنها فى أقرب يوم أحد أخذت آلة تصوير سينمائية وتوجهت مع الصغيرين وصديقهما ايغور إلى الغابة . وعندما وصلوا إلى فسحة خالية قالت تانيا :

— هل تريدون أن أريكم خدعة بصرية ؟

اجاب الصغار :

— نعم .

وضعت تانيا آلة التصوير السينمائية على حامل ثلاثى وطلبت من ليونيا وايريشكا أن يقفا بجانب آلة التصوير ، أما ايغور فترجته أن يذهب إلى طرف المرج . ليونيا وايريشكا ينظران فى آلة التصوير ويريان ايغور واقفا بعيدا فى طرف المرج ، أما تانيا فإنها تقف بجانب آلة التصوير . بدا ايغور صغيرا من خلال عدسة آلة التصوير ، أما تانيا فبدت كبيرة . ومدت تانيا يدها فجأة أمام عدسة آلة التصوير ، فبان ايغور كما لو إنه يقف على راحة يدها . وصاح الصغيران :

— قزم ! قزم !

وراحا يرقصان ويصفقان .

أنظر إلى الصورة السينمائية التى التقطها آنذاك ليونيا وايريشكا فتجد كيف يظهر ايغور واقفا على راحة يد تانيا ، غير أنه فى واقع الأمر يقف بعيدا من آلة التصوير ، أما تانيا فتقف قريبا منها .



ولهذا السبب بالذات تبدو تانيا كبيرة ، ويبدو ايغور بدرجة من الصغر بحيث يمكنه الوقوف على راحة يد تانيا .

بعد أن تنزه الصغار فى الغابة ، وعادوا إلى فناء البيت ، علموا زملاءهم الآخرين هذه الخدعة : تغمض عينا واحدة وتمد راحة يدك إلى الأمام وكل شيء جاهز : إنسان على راحة اليد . ويمكن وضع البيت على راحة اليد ، والمهم فقط أن يكون بعيدا عنك .





ولكن كيف كان الأمر بالنسبة للطاولة التى يقف عليها كل من «بوراتينو» و«مالفينا» و«بيرو» ؟ هل كبيرة أم صغيرة ؟ أنظر إلى هذه الصورة من الفيلم السينمائى «المفتاح الذهبى» فستجد فيها أن السلم يتكون من نصفين ، يقف على أحدهما بابا «كارلو» وقياساته اعتيادية ، أما النصف الثانى الذى يقف عليه «بوراتينو» و«بيرو» و«مالفينا» فهو كبير جدا . إن النصف الكبير والأشخاص الواقفين عليه يقع بعيدا . ولما كان خط التماس بين نصفى السلم غير مرئى تقريبا فيتضح للناظر أن السلم قطعة واحدة ويقف عليه أقزام صغار .

إن التجارب التى تم شرحها فى القصة أعلاه ، غير معقدة ويمكن إجراؤها دون صعوبة . وستكون هذه التجارب ممتعة للغاية لو وجدت عندكم آلة تصوير سينمائية أو آلة تصوير اعتيادية . ولغرض التصوير بطريقة التطابق المنظورى أو التصوير المركب التى تم شرحها فى القصة أعلاه تكون أكثر ملاءمة آلة التصوير الانعكاسية وذات العدسات المعتمة وآلات التصوير المزودة بنظام ازالة اختلاف المنظر . وعند التقاط الصور بواسطة آلات التصوير التى ينعدم فيها هذا النظام من الضرورى دائما أخذ اختلاف المنظر بعين الاعتبار ، كما توصى بذلك التعليمات . ويمكن أن تكون الصور التى تم فيها جمع اللعب والناس معا مثيرة للغاية . وبدلا من اللعب يمكن استعمال نماذج مصغرة للطائرات والقصور والقلاع المصنوعة من ورق الكرتون .

وغالبا ما يجرى عند التصوير المركب التقاط صور لمتحدثين أحدهما يجلس أمام الطاولة والثانى إما ينظر إليه من داخل القدح أو يقتعد السماور أو يروح ويجئ فى المحبرة . ويمكن ابتداع أعداد كثيرة جدا من هذه الصور . وإن اشتراك الصغار فى التقاط هذه الصور ومن ثم مشاهدتها سيبعث الرضى والارتياح العميق فى نفوسهم .

أما التجربة التالية فهى ذات عبرة كبيرة . لو مسكنا بأصابع اليد الممدودة أمام عيننا قطعة نقدية من فئة الفلس ، فيمكن بواسطتها حجب الشمس أو القمر . أطلبوا من طفلكم أن يفسر لكم السبب الذى يجعل الناظر على سطح الأرض يرى الشمس والقمر أصغر بكثير من الفلس .

اشرحوا للصغير سبب حدوث ظاهرة الكسوف الطبيعية النادرة والجميلة جدا .

إن القمر بدورانه حول الأرض يتخذ أحيانا موضعا متوسطا تماما بين الأرض والشمس . ولما كانت المسافة من الأرض إلى الشمس أكبر بكثير منها إلى القمر فإن القمر يحجب الشمس وإن كان حجمها يزيد على حجم القمر مرات عديدة .

إحياء الجندى

ذات مرة رسم ليونيا جنديا جميلا . وراح يتطلع الى هذا الجندى ويقول :

— ليتنى أتمكن من إحياء هذا الجندى فيسير !

— لكى يسير هذا الجندى ، لا بد من رسم جنود آخرين كثيرين . قفى يا ايريشكا عند الحائط وأرينا كيف يسير الجنود .

وقفت ايريشكا عند الحائط وأخذت وضعا يشبه الجندى السائر ، فرسمها ليونيا بسرعة .

أصدرت تانيا أمرا لايريشكا لتحرك ساقها قليلا إلى الأمام . نفذت ايريشكا هذا الأمر فرسمها ليونيا مرة أخرى .

أنظروا إلى ما رسمه ليونيا بعد أن حركت ايريشكا ساقها ثمانى مرات .

قالت تانيا :

— طيب . فلنقص الشريط الورقى الذى رسم ليونيا الجنود عليه ونقطع فتحات مستطيلة على شكل شقوق ضيقة بين الصور

الثمانى فى الشريط . والآن نلف هذا الشريط فى حلقة بحيث تكون الرسومات فى داخلها ومن ثم نلصق طرفيه .

وضعوا الشريط الملصوق على القرص الحامل للاسطوانات فى الحاكى وشغلوه . القرص يدور فتدور معه الحلقة الورقية أيضا .

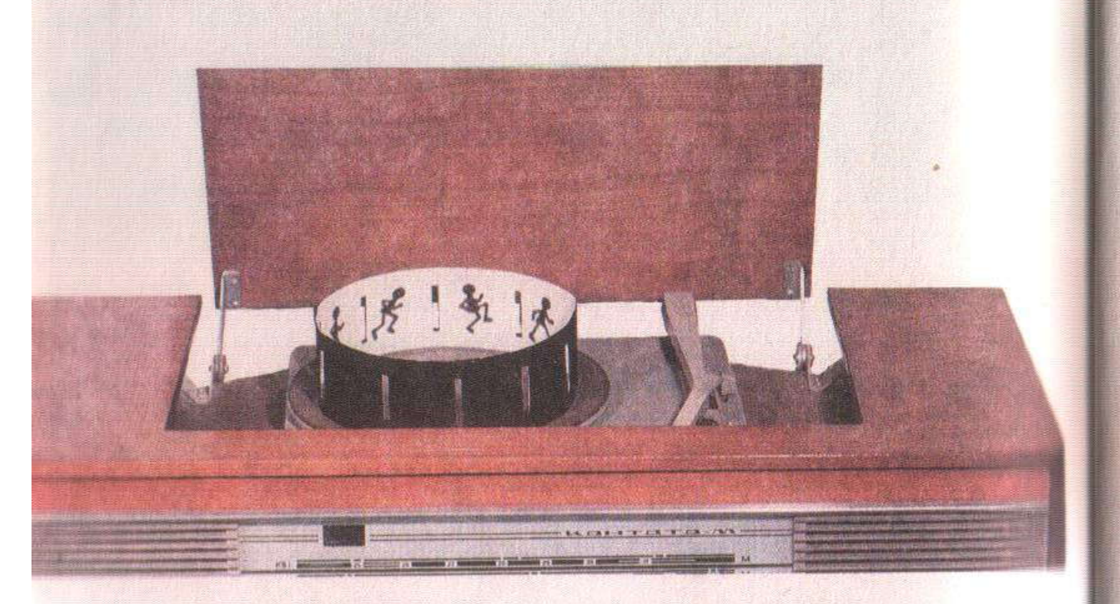
سأل ليونيا :

— ثم ماذا ؟

ردت عليه تانيا :

— تعال إلى هنا ، وانحن قليلا وانظر إلى هذه الرسومات من خلال الفتحات .

تقدم ليونيا وصار ينظر إلى الرسومات بعد أن انحنى قليلا . ظل فى البداية فاغر الفم من جراء الدهشة، ومن ثم استرسل بالضحك . ضحك الجميع — ايريشكا ضحكت لأنها مثل ليونيا رأت على الوجه الداخلى للحلقة الورقية فرقة كاملة من الجنود تسير بانتظام ، أما تانيا فتضحك لأنها تنظر إلى ليونيا وايريشكا وهما



مسترسلان فى الضحك . وعندما هدأ الثلاثة سأل ليونيا :

— لماذا بدأ الجنود يسيرون ؟

— ذلك لأن القرص عندما يدور والحلقة الورقية عليه ، نرى بصورة خاطفة الجنود الذين رسمت سيقانهم كل مرة فى وضع يختلف قليلا عن سابقه . ولما كانت الصور تتبدل بسرعة كبيرة فنحن لا نلاحظ تبدلها ، فيبدو لنا أن سيقان الجنود تتحرك .

كانت هذه اللعبة قد أعجبت الصغار كثيرا حتى عملوا بضع حلقات أخرى من هذا الشكل ورسموا عليها إنسانا يدق المسمار بالمطرقة وبنتا تقفز بالحبل وولدا يتزلج على الزلاجات . . .

تسمى هذه الحلقة الستروبوسكوب (وهو منظار دوامى يرى به الجسم الدائر بنفس السرعة وكأنه ساكن) . ارسم جنودا ، أو أية أشكال أخرى ، كما فعل كل من ليونيا وايريشكا . اقطع فتحات على شكل شقوق بين هذه الصور وقص الورقة على شكل شريط تبقى فيه هذه الرسومات ولف الشريط فى حلقة والصق طرفيها ، فتحصل عندئذ على ستروبوسكوب .

وبعد أن تنتهى من إجراء التجربة بواسطة الستروبوسكوب حاول تفسير السبب الذى يجعل الشخصيات المرسومة فى أفلام الكرتون تتحرك على الشاشة .

إن تركيب جهاز الستروبوسكوب ليس صعبا ، ومن الأفضل لو قام الطفل لوحده بتحضير الجهاز وفقا للمبادئ المشروحة فى القصة أعلاه . وتجدر الإشارة إلى أن خطوط الرسم على الورقة يجب أن تكون غليظة وواضحة بشكل كاف . أما الجهة الخارجية للحلقة الورقية فيجب أن تصبغ بلون أسود .

من الذى تحرك ؟

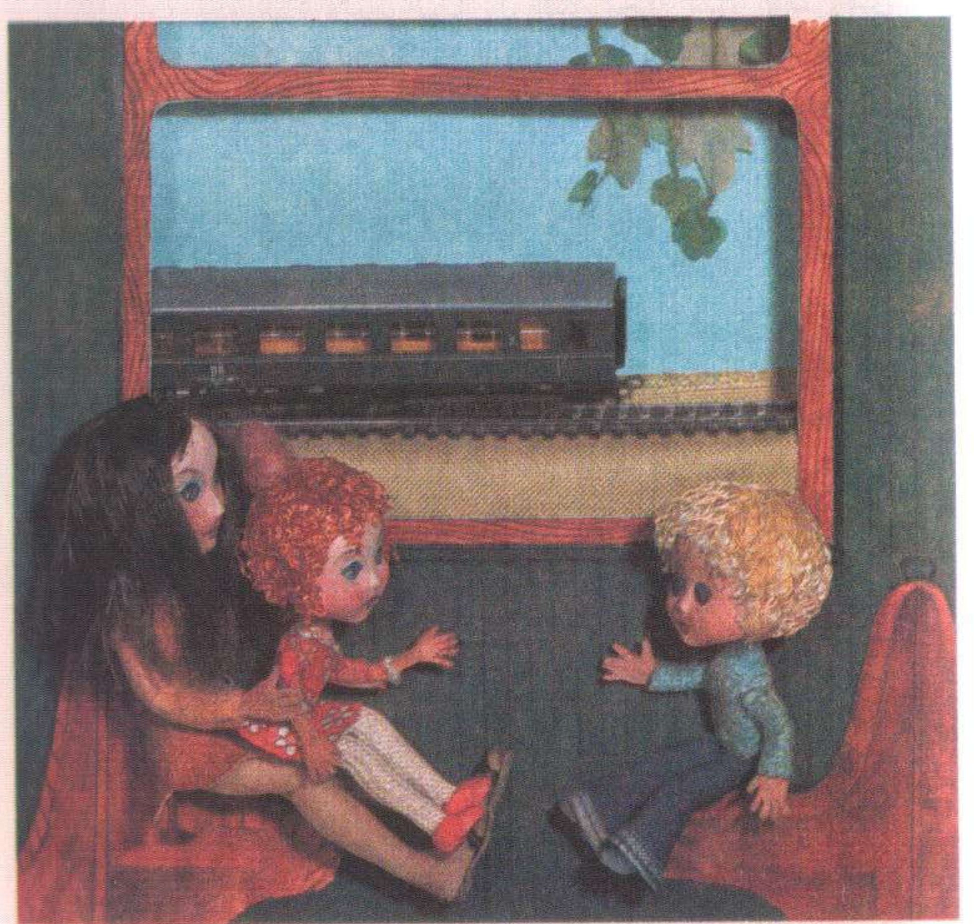
ذات مرة ركب ايريشكا وليونيا وتانيا القطار إلى خارج المدينة . الثلاثة جالسون ينظرون فى الشباك . وفجأة اهتز كل شيء خارج الشباك وتحرك إلى الوراء .

قال ليونيا مبتهجا :

— تحركنا !

فسألت تانيا مبتسمة :

— من الذى تحرك ؟



— نحن بالطبع .

صمتت تانيا وراحت تنظر فى الشباك من جديد . وفجأة رأى ليونيا أن القطار الذى كان يقف وراء الشباك قد مر ، أما القطارات الأخرى والأعمدة الكهربائية على الرصيف وبناية المحطة فقد ظلت كما كانت سابقا . هل يعنى ذلك أن القطار الذى نجلس فيه لم يتحرك ، بل الذى تحرك هو القطار الذى كان يقف وراء الشباك ؟

ظل القطار واقفا فترة من الوقت . ومن جديد اهتز كل شىء ، ولكن فى هذه المرة لاحظ ليونيا بأن الذى تحرك ليس القطار الذى كان يقف وراء الشباك فقط بل والأعمدة الكهربائية وبناية المحطة .

قالت تانيا :

— الآن تحركنا نحن ، انظر إلى تلك القرية ! كيف تمر سريعا بجنبنا ! نحن نقف ، أما هى فتنطلق بجنبنا سريعا .

قال ليونيا :

— كلا ، نحن نتحرك ، انظرى إلى الأولاد كيف يلوحون بأيديهم لنا .

قالت ايريشكا :

— بالطبع يخيل إليهم أنهم واقفون والقطار يتحرك ، أما نحن فيخيل إلينا بأن القطار واقف وهم يتحركون .

وعندما ترك الثلاثة القطار وظلوا واقفين على رصيف إحدى المحطات الصغيرة قالت تانيا :

— إن كنا نتحرك أو نقف فهذا يعود إلى المكان الذى ننظر منه . نحن الآن نقف على الرصيف دون حركة ، ولكن لو نظر أحد ما إلينا من القمر بواسطة تلسكوب ضخم جدا لرآنا نتحرك سوية مع كوكبنا الأرضى .

إن مبادئ نسبية الحركة التى صاغها لأول مرة العالم الايطالى العظيم غاليليو ، وبعده على مستوى أكثر عمقا ، العالم ألبرت اينشتين فى نظرية النسبية ، معقدة ويصعب على الصغار تفهمها . إلا أن واقع نسبية الحركة واضح بحد ذاته ويسهل شرحه بواسطة الأمثلة الواردة فى القصة أعلاه ، لذا فمن الضرورى إطلاع الصغار عليه .

الساعة الشمسية

ليونيا وايريشكا يتنزهان فى الغابة . مل الاثنان من التجول فاستلقيا على الحشيش وصارا يتشمسان . غفت ايريشكا ، اما ليونيا فما زال مستلقيا وليست له رغبة فى النوم . اقترب ظل الشجرة منه ، فابتعد ليونيا الى الشمس واستلقى فيها من جديد . ظل فى مكانه قليلا من الوقت فإذا بالظل يقترب منه ثانية ، فابتعد مرة أخرى . بقيا طوال النهار يتشمسان . وليونيا طوال النهار أيضا يهرب من الظل .

فى صباح اليوم التالى ابتدع ليونيا ساعة شمسية . رسم على الرمل دائرة وغرز عصا فى مركزها . الشمس تتحرك فى قبة السماء وظل العصا يتحرك أيضا . أما الصغيران فكانا بعد مرور كل ساعة من الزمن يؤشران المكان الذى يقطع ظل العصا فيه خط الدائرة .

فى اليوم التالى جلس الجميع بالقرب من الساعة ليجربوها .

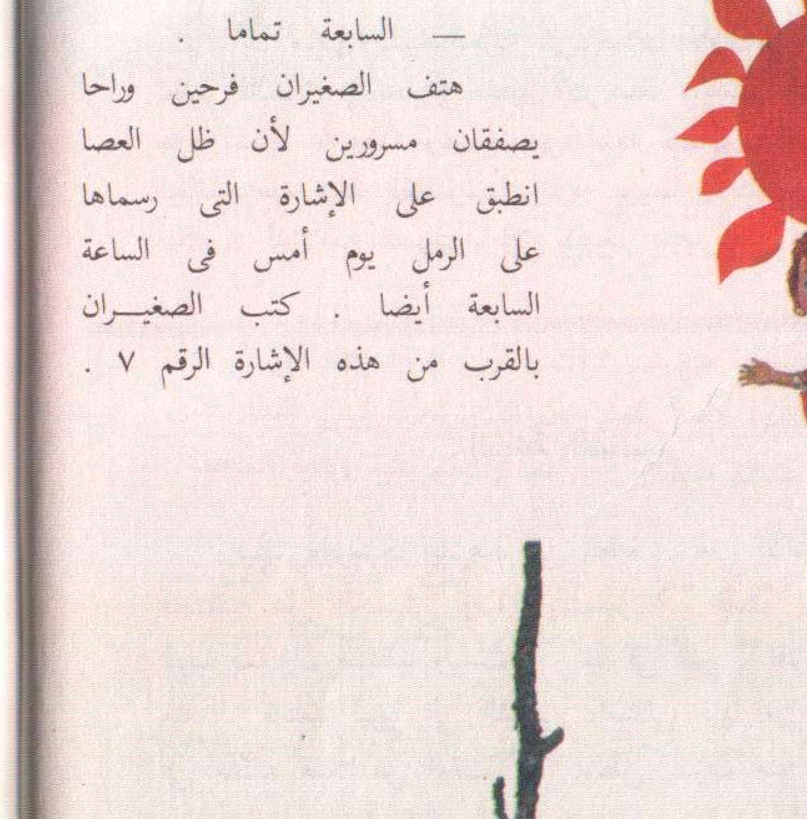
سألت ايريشكا من أحد المارة :

— كم الساعة الآن رجاء ؟

أجابها الرجل :

— السابعة تماما .

هتف الصغيران فرحين وراحا يصفقان مسرورين لأن ظل العصا انطبق على الإشارة التى رسماها على الرمل يوم أمس فى الساعة السابعة أيضا . كتب الصغيـران بالقرب من هذه الإشارة الرقم ٧ .



إنهما فرحان لأن ساعتهما مضبوطة . لا يزال ليونيا وايريشكا جالسين بالقرب من الساعة . وفجأة سمعا رنينا لجرس منبه من الشباك المفتوح فى البيت الكبير الذى كانت أشعة الشمس الصباحية قد أضاءته بكامله .

وهتف الصغيران معبرين عن سرورهما لأن ظل العصا انطبق على إشارة الرقم ٨ . انتظرا ساعة أخرى فاقترب ظل العصا من إشارة الرقم ٩ ، إلا أنه لم يلامسها . فقلقا لهذا كثيرا : هل ستشير الساعة هذه المرة إلى الوقت بصورة مضبوطة أم لا ؟ وفى نفس اللحظة عندما انطبق ظل العصا على الإشارة سمع صوت الراديو من أحد الشبابيك يقول : «الساعة فى ستوديوهات اذاعة نوفوسيبيرسك تمام التاسعة . اليكم نشرتنا الإخبارية» . عرف الصغيران أن ساعتهما تعمل بدقة . إلا أنه عندما اقترب الظل من الرقم ١٠ حدث شىء غير متوقع . فى البداية سمع من الشباك المفتوح صوت دقات ساعة الكرملن ، وعزفت فرقة موسيقية السلام الوطنى للاتحاد السوفييتى ، وبعد ذلك قال مذيع الراديو : «أسعدتم صباحا ! فى موسكو الساعة السادسة . نبدأ ببث برامجنا» .

تسمر ليونيا مندهشا ، لأن الساعة الشمسية لم تخطئ قبل ذلك فى تبيين الوقت المضبوط ! فلماذا إذن قالوا فى الراديو : «فى موسكو الساعة السادسة» أما ساعتهما فتشير إلى العاشرة ؟ ايريشكا أول من حزر السبب وبدأت تفسر لليونيا . أخذت كرة كبيرة ورسمت بالطباشير نقطة على أحد نصفيها وكتبت الحرف الروسى « H » مشيرة إلى مدينة نوفوسيبيرسك .

— هذه نوفوسيبيرسك .

بعد ذلك رسمت نقطة أخرى وكتبت بالقرب منها الحرف «M».

— وهذه العاصمة موسكو .

بعد ذلك رفعت الكرة فوق رأسها وقالت :

— فى الجزء المضاء بالشمس من الكرة يكون الوقت نهارا ، أما الجزء المظلل منها فيكون الوقت فيه ليلا . فمدينة نوفوسيبيرسك الآن مضاءة بأشعة الشمس ، أما موسكو فما زالت فى الظل ، وهذا يعنى أن الوقت هناك ليل . بعد هذا تواصل الأرض دورانها فيحل الصباح فى موسكو . هل فهمت ؟

وبما أن ليونيا غير متأكد من قول ايريشكا سأل من تانيا :

— عجبا هل الأرض تدور ؟

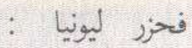
أجابته تانيا :

— نعم ، تدور .

فسأل من جديد :

— لماذا إذن لا نشعر بدورانها . ونقف فى مكاننا ؟

— تذكر عندما سافرت بالقطار ، فآنذاك بدا لك أيضا بأنك تقف ، بينما تتحرك القرية والأعمدة خارج الشباك .



فحزر ليونيا :

— الذى يبدو متحركا الآن ليس القرية ، بل الشمس ، ففى الصباح هى فى الشرق وبالنهار فى الجنوب ومساء فى الغرب . هل هذا صحيح ؟

أجابته تانيا :

— صحيح . وهناك سبب آخر يجعلنا لا نشعر بدوران الأرض . فهى تدور برفق ، ولا تهتز كالسيارة أو القطار ، كما أنها تدور ببطء كبير . ولكى تدور الأرض دورة واحدة ينبغى أن ننتظر يوما كاملا : نهارا وليلا .

إن تركيب الساعة الشمسية التى دار الحديث عنها أعلاه غير معقد . إلا أن هناك عيبا فى عملها فهى تكف عن العمل بصورة دقيقة بعد فترة وجيزة . فبعد أسبوعين يكون الخطأ فى الوقت الذى تشير إليه واضحا . والسبب يكمن فى أن ارتفاع المدار الذى تسلكه الشمس فى قبة السماء يختلف من موسم لآخر . وإن الشمس تكون فوق نقطتى الشرق أو الغرب ليس فى وقت واحد خلال مواسم السنة المختلفة . لذلك فمن الضرورى ، لو أردتم عمل ساعة شمسية تشتغل على الدوام ، أن تغيروا تركيبها بعض الشئ ، بوضع العصا المؤشر ، مائلا نحو الشمال . وإن زاوية ميل العصا يجب أن تطابق بدقة خط العرض الذى تقع عليه مدينتكم أو قريتكم . ويمكن ان نحدد خط العرض اللازم بصورة تقريبية ولكن بالدقة الكافية لنا ، بعد أن نقوم بواسطة المنقلة والشاقول بقياس ارتفاع النجمة القطبية فوق خط الاستواء .

لو حملنا إلى خارج البيت ساعة يخلو قرصها من التقسيمات ، وتمكنا من توجيه مؤشرها نحو الشمال تماما ، فيمكننا عن طريق مراقبة وضع ظل المؤشر كل ساعة أن نقسم هذا القرص .



أسئلة وتمارين

١ — تصور أنه لا يوجد فى مدينتك مطار حقيقى ، وأنت فى حاجة إلى مطار فيه طائرات كبيرة لتصوره فى الفيلم السينمائى الذى تقوم بتحضيره . كيف يمكنك عمل ذلك ؟

٢ — افرض أن لديك لعبة على شكل قلعة وتريد أن تصور زملاءك فى هذا الفيلم بالقرب من قلعة حقيقية . كيف ستقوم بذلك ؟

٣ — أطلق لخيالك العنان وتصور بأنك تريد أن تكون عملاقا . كيف يمكنك عمل ذلك فى الفيلم السينمائى أو عندما تلتقط صورة فوتوغرافية ؟

٤ — لاحظ عندما تركب الأرجوحة الدوارة (دولاب الهواء) كيف يبدو لك بأنك واقف فى مكانك ، أما الأشجار والبيوت فتدور .

٥ — لماذا لا نشعر بدوران الكرة الأرضية ؟

٦ — لماذا يكون الوقت فى كثير من المدن مختلفا ، فمثلا . إذا كان الوقت فى موسكو الساعة الواحدة ظهرا ، ففى سفيردلوفسك يكون الساعة الثالثة بعد الظهر ، وفى نوفوسيبيرسك الخامسة وفى اركوتسك السابعة ؟

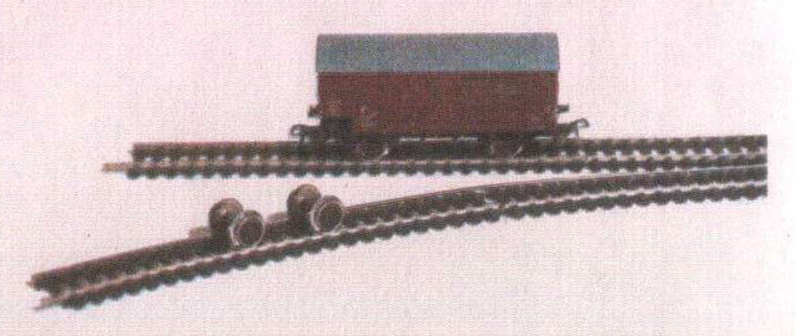


القصور الذاتى والدفع النفثى

- العجلات الكسولة
- ليونيا يصبح ساحرا
- الصاروخ وعلبة الصفيح
- اللعب النفاثة
- اللعبة التى غزت الفضاء
- ما حاجة السفينة إلى الأشرعة ؟
- الطاحونة القديمة
- لماذا تطير طيارات الورق ؟

العجلات الكسولة

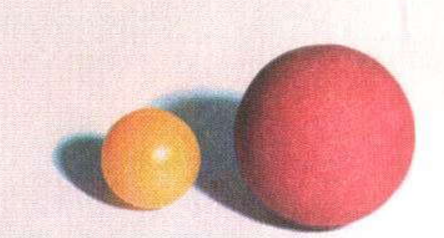
تعطلت عربة القطار ويراد تبديل عجلاتها . يوجد زوج من العجلات على السكة الحديدية ، بالقرب من حظيرة القطارات . تقدم العامل منه وانهال عليه ، فى محاولة منه لتحريكه . غير أنه لم يذعن له ، فانهال عليه من



جديد ولم يفلح فى ذلك . وبعد أن بذل قصارى جهده تحركت العجلتان الكسولتان من مكانهما . . وها هما تتدحرجان . حان الوقت لتتوقفا ، إلا انهما تواصلان الحركة . العامل يذل كل جهده لإيقافهما ، وهما لا تريدان التوقف .

بعد جهود مضنية بذلها العامل توقفت العجلتان العنيدتان . ولكن العجلات ليست بالشيء الوحيد الذى على هذه درجة من «الكسل» و«العناد» .





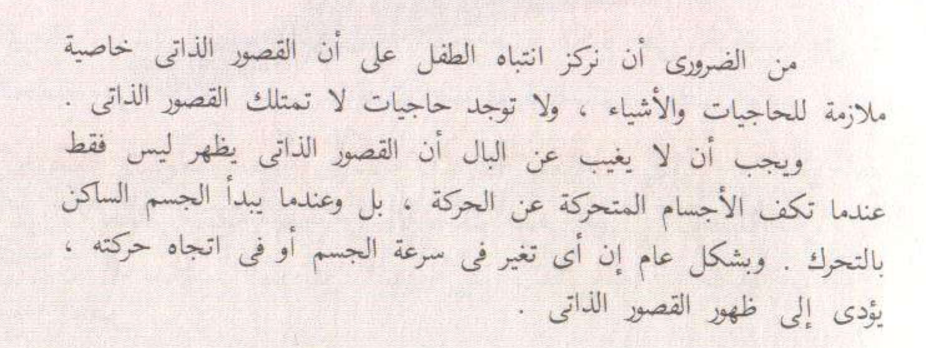
وضعت ايريشكا على الأسفلت كرتين ، إحداهما ثقيلة والأخرى خفيفة . دفعت الكرة الثقيلة فاصطدمت بالخفيفة وواصلت تدحرجها . وكأنه لم يحدث شيء . بعد ذلك كررت ايريشكا العملية بالعكس ودفعت الكرة الخفيفة ، فاصطدمت بالكرة الثقيلة . من أين للكرة الخفيفة القوة حتى تحرك هذه الكرة الثقيلة «الكسولة» من مكانها ! فارتدت عنها جانبا . وهذا يعنى أن الحاجيات الثقيلة «أكثر كسلا» من الخفيفة .

الصغار جالسون على المقعد الخلفى فى الباص . الركاب قليلون . وتوجد بالقرب من الصغار على أرضية الباص كرة مطاطية صغيرة . وفجأة اشتعل الضوء الأحمر عند مفترق الطرق ، فداس سائق الباص على دواسة الفرملة . بدأ الباص بالتوقف . تدحرجت الكرة على الأرضية من المقاعد الخلفية حتى مقدمة الباص وتوقفت عند قمرة السائق . وقف الباص برهة وتحرك من جديد . إلا أن الكرة الكسولة لا تريد السفر . فالباص تحرك إلى الأمام أما الكرة فتدحرجت إلى الوراء نحو الصغار . من الأصح القول بأن الكرة لم تتدحرج فى أى اتجاه ، وأنها لازمت مكانها ، أما الأطفال فتقدموا إليها مع الباص .

ليس للحاجيات ذنب فى أنها كسولة وعنودة . وبغية عدم «الإساءة» إلى هذه الحاجيات يستعمل الفيزيائيون مصطلح «القصور الذاتى أو الاستمرارية» بدلا من «الكسل» و«العناد» . «فالقصور الذاتى» يلازم كل الحاجيات والأشياء .

ليونيا يتزلج على الرصيف بقبقاب الزلق . انطلق ، بسرعة ، ولم يشاهد الحفرة الموجودة على الرصيف . توقف القبقاب ، أما ليونيا فواصل حركته إلى الأمام بفعل القصور الذاتى . إنه لا يسير بل يطير مادا ذراعيه إلى الأمام حتى لا يقع ويصطدم أنفه بالأسفلت . نهض ليونيا وشعر بورم على جبينه . كل هذا بسبب القصور الذاتى !

قد تكون أنت أيضا صادفت القصور الذاتى . فتذكر ، ربما كنت ذات مرة تركض وفجأة عثرت رجلاك بشىء ما ، فتوقفتا ، أما أنت فواصلت حركتك إلى الأمام بفعل القصور الذاتى ، إلى أن وقعت على الأرض . ويحدث العكس أيضا . تقف الحافلة فى مكانها وتتحرك فجأة من مكانها . الحافلة تحركت والركاب ما زالوا جالسين دون حركة . ولهذا السبب نرى الركاب يستلقون إلى الوراء .



من الضرورى أن نركز انتباه الطفل على أن القصور الذاتى خاصية ملازمة للحاجيات والأشياء ، ولا توجد حاجيات لا تمتلك القصور الذاتى .

ويجب أن لا يغيب عن البال أن القصور الذاتى يظهر ليس فقط عندما تكف الأجسام المتحركة عن الحركة ، بل وعندما يبدأ الجسم الساكن بالتحرك . وبشكل عام إن أى تغير فى سرعة الجسم أو فى اتجاه حركته ، يؤدى إلى ظهور القصور الذاتى .

ليونيا يصبح ساحرا

ذات مرة قرر ليونيا أن يكون ساحرا وأن تكون ايريشكا مشرفة فنية له ، فهى تبتدع الألعاب السحرية وتعلمه إياها . وإليكم ما قدما من ألعاب سحرية :

اللعبة السحرية ١



الصغيران يعلقان سنجة بواسطة خيط رفيع جدا ويربطان بها خيطا غليظا يتدلى إلى الأسفل . المطلوب سحب الخيط الغليظ حتى ينقطع بينما يبقى الخيط الرفيع دون تضرر . سحب ليونيا الخيط الغليظ المتدلى ، فانقطع الخيط الرفيع رأسا وكادت السنجة تقع على ساقه .

صاحت المشرفة الفنية :

— أخطأت ، يجب أن تنتله بسرعة بحيث لا يتسنى للسنجة التحرك من مكانها ، فهى ثقيلة وكسولة .

أخذت ايريشكا نهاية الخيط الغليظ ، ونتلته بسرعة مرة واحدة ، فإذا به ينقطع والخيط الرفيع يبقى على حاله وكأنه لم يحدث شىء .

قال الساحر وهو يهز رأسه :

— مدهش .



الصغيران يعلقان مسطرة خشبية بواسطة حلقتين ورقيتين . المسطرة معلقة من طرفيها بالحلقتين الورقيتين ، اما الحلقتان فمعلقتان على مسطرتين معدنيتين يحملهما ليونيا بيديه . لوحت ايريشكا بعصا غليظة وأنزلت ضربة بالمسطرة ، فتطايرت شظاياها هنا وهناك ، أمـــا الحلقتان فبقيتا دون تضرر . شيء غريب ! وفى هذه اللحظة دخلت تانيا الغرفة ورأت هذه اللعبة السحرية . فقالت :



— يمكن عمل ذلك دون أن تعلق المسطرة الخشبية بتاتا ، فإنها مع ذلك تتحطم .

تناولت تانيا مسطرة أخرى ورمتها إلى الأعلى . وأنزلت بها ضربة بالعصا ، فصدرت قرقعة وانقسمت المسطرة الخشبية إلى قسمين وقع كل منهما فى مكان .

وسألت تانيا :

— لماذا ؟

غرق الصغيران فى التفكير . ولم يتمكنا من معرفة السبب . قالت تانيا :

— عندما اصطدمت العصا بالمسطرة تحرك الجزء الوسطى منها إلى الأمام من جراء هذه الضربة ، أما طرفاها فبقيا فى وضعيهما بفعل القصور الذاتى . كان انحناء المسطرة بسبب ذلك شديدا لدرجة جعلها تنكسر .



وضع ليونيا يده على الطاولة ، فوضعت تانيا على راحة يده آجرة وعلى الآجرة جوزة . تناولت ايريشكا مطرقة وضربت بها الجوزة . الجوزة تحطمت وليونيا لم يصب بأذى ولم يشعر بألم . أكل الصغيران لبة الجوزة وابتدعا لعبة سحرية أخرى . وضعت تانيا فى راحة يد ليونيا آجرة وعليها آجرة أخرى . ايريشكا طرقت بالمطرقة على الآجرة العليا فانقسمت إلى نصفين ، أما يده فلم تشعر بأى ألم ! تلك تجربة مخيفة ! لكن تانيا تقول ضاحكة :

— هل تعرفان لماذا لم تشعر اليد بالألم ؟

قالت ايريشكا :

— لأن الآجرة ثقيلة وكسولة . فعندما طرقتها بالمطرقة بقوة ، لم يتسنى لها التحرك من مكانها ، لذلك لم تشعر اليد بشيء .

وأخيرا ابتدع ليونيا أيضا لعبة سحرية .

اللعبة السحرية ٤

وضع ليونيا على راحة يده بطاقة بريدية وعلى البطاقة قطعة نقدية . ضرب ليونيا بأصبعه طرف البطاقة ضربة خاطفة فانزلقت البطاقة على راحة يده

ووقعت ، أما القطعة النقدية التى كانت على البطاقة فبقيت دون أن تتحرك .
تلك لعبة مثيرة ناجحة !

ظل الثلاثة يبتدعون الألعاب السحرية طوال المساء .

قد تكون السنجة فى اللعبة السحرية الأولى غير متوفرة ، لذا يمكن استبدالها بأية حاجة أخرى ثقيلة ، كالمطرقة مثلا . والشرط الوحيد الذى يؤدى إلى نجاح هذه اللعبة السحرية هو الحركة السريعة لليد أثناء محاولة قطع الخيط الغليظ . وبالإضافة إلى ذلك يجب أن يكون الخيط الرفيع الذى تعلق به السنجة أو المطرقة من المتانة بحيث يتحمل بسهولة الحمل المعلق به ولا ينقطع بسبب ثقله .

والأفضل أن نتدرب على هذه التجربة قبل الشروع بتنفيذها أمام الصغار . ففى سياق هذا التدرب يمكنكم بسهولة تحديد السمك الضرورى لهذا الخيط وتجربته . وعندما يقوم الصغار بتنفيذ هذه التجربة انصحوهم بأن يقوموا بذلك ويدهم ممدودة . وهذا ضرورى جدا حتى لا تقع السنجة على ساق الصغير عند فشل التجربة (إذا انقطع الخيط الرفيع فجأة) .

وبالنسبة للتجربة الثانية من الضرورى أن يكون سمك المسطرة الرئيسية حوالى ٥ مم ، أما العصا اللازمة لكسر هذه المسطرة فيجب أن يكون سمكها فى حدود ١ — ٢ سم . وبالنسبة للحلقتين الورقيتين يمكن أن يكون سمكهما وعرضهما اختياريين ، لأن المسطرة تنكسر بغض النظر عنهما . والمهم فقط ، كما كانت الحال فى التجربة السابقة ، هو عدم تمزق الحلقتين بسبب ثقل المسطرة قبل الشروع بإنزال الضربة بها بواسطة العصا . ويمكن تحضير هاتين الحلقتين مثلا من شريط ورقى عرضه ١ سم نقصه من ورقة الدفتر المدرسى . ويجب أن تكونوا على علم بأن نجاح التجربة يتطلب ضربة خاطفة .

إن التجربة بواسطة الآجرتين تبدو للوهلة الأولى خطرة ، ولكنها فى واقع الأمر ليست أكثر خطرا من التجربتين السابقتين . والمهم فقط أن نتلافى وقوع شظية أو كسارة من الآجرة فى العين ، علما بأن الآجرة عادة تنكسر بدون شظايا . وإذا كان يصعب عليكم أو على الطفل قبل الضربة ، التغلب على وجس الألم الذى قد تحدثه تلك الضربة ، جربوا فى البداية ضربة خفيفة ومن ثم أقوى فأقوى بالتدريج . وستتأكدون فى هذه الحالة بأنكم ستتمكنون من كسر الآجرة الثانية فضلا عن الجوزة دون إلحاق الأذى باليد . ونحيطكم علما بأن هذه التجربة كانت سابقا تجرى فى السيرك بنجاح . ينطرح اللاعب على ظهره على السجادة ويضعون على صدره سندانا . أما اللاعب الثانى فيضرب السندان بالمرزبة بكامل قواه . وخلافا لمشاهدى السيرك المذعورين تعلمون جيدا بأن هذه التجربة مأمونة ، طبعا إذا لم يخطئ حامل المرزبة السندان أثناء إنزال الضربة .

أما التجربة الأخيرة فهى فى غاية السهولة .

الصاروخ وعلبة الصفيح

ليونيا وتانيا يتشمسان على ساحل البحر . تانيا نعسة ، أما ليونيا فينظر فى السماء . وفجأة رأى ليونيا طائرة نفاثة تحلق عاليا فسأل :

— لماذا تتحرك الطائرة النفاثة إلى الأمام ، ما الذى يدفعها ؟

— إن الغازات الساخنة تنطلق من خلف الطائرة فتدفعها إلى الأمام .

— إنى لا أفهم شيئا .

نهضت تانيا وتقدمت من الزورق الذى كان راسيا بالقرب من الساحل ووضعت فيه حجرا ثقيلا . طافت بنظرها فيما حولها فرأت كومة من الأحجار . وبدأت تنقل هذه الأحجار إلى الزورق . وساعدها فى ذلك ليونيا أيضا . وعندما تجمعت كمية كافية من الأحجار فى الزورق ، دفعا الزورق عن الساحل وقفزا إليه . تحرك الزورق بفضل القصور الذاتى قليلا ووقف من جديد . عندئذ نهضت تانيا من مكانها فى الزورق وتناولت بيدها حجرا وصارت تقول :

— ها أنا آخذ حجرا ، إنه ثقيل وكسول ، قصوره الذاتى كبير . سأرميه إلى الوراء ولكنه لا يريد الانطلاق رأسا ، لذا أرتد انا عنه .

— واحد ! — رمت تانيا الحجر خارج الزورق فى الماء . كان ثقيلا ، وليونيا لاحظ بأن تانيا انحنت كثيرا إلى الأمام ، أما الزورق فهو الآخر تحرك قليلا . وتناولت تانيا حجرا آخر .

— اثنان ! — وانطلق حجر آخر إلى الوراء أما الزورق فتحرك قليلا إلى الأمام .

— ثلاثة ! — تحرك الزورق هذه المرة أسرع من ذى قبل .

وراحت تانيا تعد : — أربعة ! . . . خمسة ! . . . ستة !

وتبذل قصارى جهدها فى رمى الأحجار من مؤخرة الزورق إلى الماء ،

أما الزورق فكان فى هذا الوقت يتحرك إلى الأمام أسرع فأسرع .

صاحت تانيا وعلامات السرور على وجهها :

— أنا أرمى الأحجار من مؤخرة الزورق ، أما هى فتدفع به إلى الأمام ، هذا يعنى أن زورقنا نفاث !

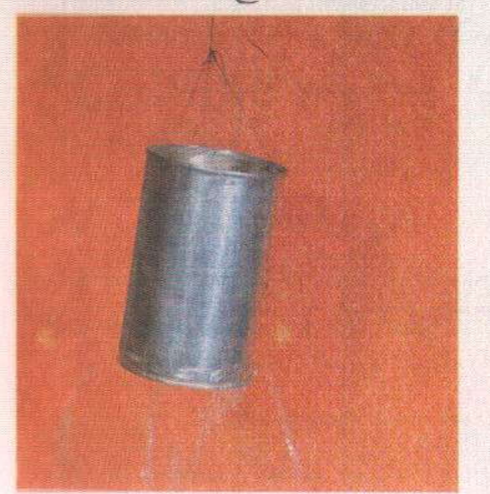
لم يكن ليونيا يفكر بأنه يمكن بهذه الطريقة تحريك الزورق فى الماء . لذا شعر بالخوف بعض الشىء وقال :

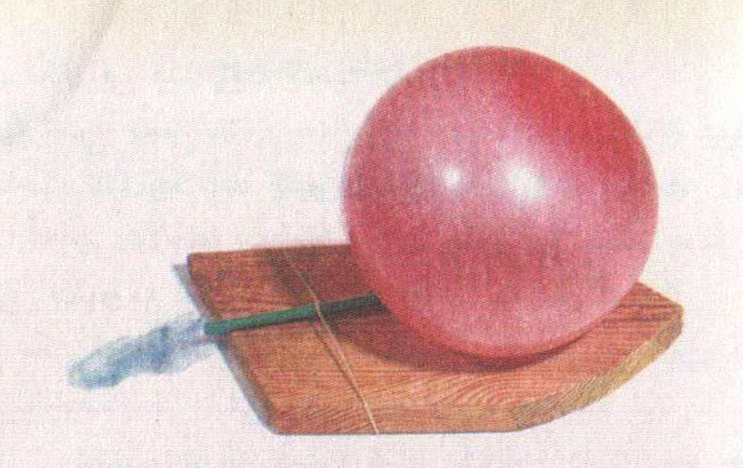
— يا للعجب ، إنه يتسارع !

نفدت الأحجار جميعها ، والزورق ما زال يواصل حركته بفعل القصور الذاتى إلى الأمام . أما المياه الهائجة عند مؤخرته ومقدمته وتحت قاعه فتفرمل حركته بالتدريج ، فصار يتحرك أبطأ فأبطأ ومن ثم كف عن التحرك .

وعندما ترك ليونيا وتانيا الزورق وباتا على الساحل ، أخذت تانيا علبة صفيح وبدأت تعمل ثقوبا بواسطة المسمار فى جدارها بالقرب من القاعدة . وكلما عملت ثقبا أمالت المسمار جانبا فى اتجاه واحد ، حتى عملت أربعة ثقوب ومن ثم ربطت بعلبة الصفيح خيطا ومضت إلى الماء . غرفت تانيا ماء فى العلبة ورفعتها ، فبدأت العلبة تدور . فالماء عندما يخرج من الثقوب يدير







العلبة فى اتجاه معاكس ، مثلما كانت الأحجار التى رمتها تانيا من مؤخرة الزورق تدفعه إلى الأمام .

كان ليونيا ينظر إلى ما تعمله تانيا من تجارب ويفكر طوال الوقت بشىء ما . وبعد ذلك قطع عودا يابسا وعمل منه أنبوبا وربط به بالونا هوائيا . وضع الأنبوب والبالون على لوحة خشبية وربطهما بها . ومن ثم نفخ البالون ووضع اللوحة الخشبية بما عليها فى الماء ورفع أصبعه من ثقب الأنبوبة . أخذ الهواء داخل البالون يخرج عن طريق الأنبوبة بقوة . الهواء ينطلق إلى الخلف ويدفع اللوحة الخشبية إلى الأمام . وهكذا حصلت سفينة نفاثة !

رفعت تانيا البالون الهوائى والأنبوبة من السفينة ونفخت البالون ورمته إلى الأعلى . أخذ الهواء يصفر وانطلق البالون إلى الأعلى بسرعة .

صاح ليونيا :

— مثل الصاروخ !

قالت تانيا :

— إنه صاروخ بالفعل ، لكنه هوائى . هل فهمت الآن ما الذى يدفع الطائرة النفاثة إلى الأمام ؟

قال ليونيا : — نعم ، إنها الغازات الساخنة التى تنطلق من خلف الطائرة .

إن تجربة علبة الصفيح التى عملت فى جدارها وبالقرب من قاعدتها ثقوب ، بسيطة ويمكن إجراؤها فى البيت . فى هذه الحالة يجب أن يربط الخيط الذى تعلق به العلبة فى حنفية الماء . نفتح الحنفية فتمتلئ العلبة بالماء وتبدأ تدور . ويمكن تنظيم دفق الماء بحيث تبقى العلبة تدور لفترة غير محددة من الزمن .

ويسهل كذلك تحضير السفينة التى يكون البالون الهوائى والأنبوبة الخفيفة ذات المقطع الملائم بمثابة محرك نفاث فيها . ويمكن كذلك استبدال هذه السفينة بعربة خفيفة نركب عليها مثل هذا المحرك النفاث .

اللعب النفاثة

ايريشكا لم تكن هذه المرة مع تانيا وليونيا على البحر . إنها حزينة لعدم مشاهدتها تلك التجارب المثيرة التى أجراها زميلاها . وفجأة قالت تانيا :

— اركبى الدراجة الهوائية .

فى دهليز الشقة دراجتان هوائيتان قديمتان . ركبت ايريشكا إحداهما ، وركبت تانيا الدراجة الثانية . وها هما تقابلان بعضهما البعض .

وقالت تانيا — امسكى الدراجة بقوة ، فإنى سأصدمك . ولكن ارفعى قدميك أولا حتى لا تمسا الأرض . ورفعت تانيا أيضا قدميها من الأرض . تأهبت تانيا وأغارت على دراجة ايريشكا وصدمتها ، فرجعت دراجة ايريشكا إلى الوراء . ودراجة تانيا كذلك رجعت إلى الوراء قليلا . فضحكت ايريشكا لأن تانيا رجعت مع دراجتها إلى الوراء أيضا .

قالت تانيا : — جاء دورك الآن ، فاصدمينى .





ايريشكا صدمت تانيا ، وارتدت الاثنتان إلى الوراء مرة أخرى .

— ليس المهم من الذى يدفع بيديه ، فالدفعة مع ذلك يحصل عليها الاثنان .

قالت تانيا : — لننظر الآن من الذى سيرتد أكثر .

صدمت تانيا بقوة من جديد دراجة ايريشكا .

فصاحت ايريشكا : — هذا بدون إنصاف ! صدمتنى بقوة !

حقا فقد ارتدت ايريشكا بعيدا ، اما تانيا فكان ارتدادها قليلا .

— اصدمينى بقوة حتى أرتد بعيدا .

اقتربت البنتان من بعضهما البعض مرة أخرى ، فصدمت ايريشكا دراجة تانيا بكل قوتها . فبدلا من أن ترجع تانيا بعيدا حدث ذلك مع ايريشكا .

سألت ايريشكا :

— لماذا حدث ذلك ؟ لماذا أرتد أنا بعيدا على الدوام ؟

فقالت تانيا : — أنت أخف وزنا ، والقصور الذاتى عندك أقل . تذكرى تجربة الكرتين . أغارت الكرة الخفيفة على الكرة الأثقل واصطدمت بها فارتدت الكرة الخفيفة جانبا ، أما الكرة الثقيلة فتحركت قليلا جدا .

قالت تانيا لليونيا وايريشكا :

— تذكرا جيدا ، المهم ليس من الذى يدفع الآخر ، فالدفعة يحصل عليها الاثنان . ويواصل حركته المرتدة أكثر ، ذلك الذى يكون قصوره الذاتى أقل ووزنه أخف .

أخذت تانيا زنبركا فأثنته وربطت طرفيه بخيط ووضعته فى العربة بالقرب من الحاجز فيها . أشعلت عود ثقاب وقربته من الخيط ، فاحترق الخيط واستقام الزنبرك محدثا بذلك صدمة قوية فى جدار العربة ! قفز الزنبرك إلى الركن المقابل من الغرفة . ودفع العربة أيضا فسارت على سطح المنضدة .

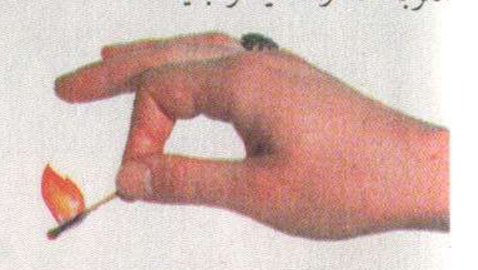
فسأل ليونيا :

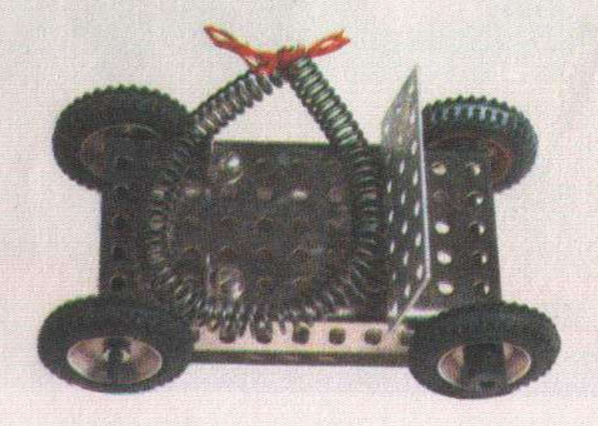
— ما الذى جعل العربة تدفع الزنبرك بهذه القوة ؟

فابتسمت تانيا وقالت :

— إنهما اصطدما ببعضهما بنفس القوة ، غير أن الزنبرك أخف من العربة ، ولذا يقفز بعيدا .

وضع الصغار مروحة كهربائية على عربة ، قاموا بتحضيرها بأنفسهم ، وشغلوها .





المروحة تدور وتدفع الهواء الى الوراء ، أما الهواء فيدفع المروحة والعربة إلى الأمام . قال ليونيا :

— إنها كمدسرة الطائرة .

— نعم ، أنت على حق — أيدته تانيا . سأل ليونيا ثانية :

— ترى هل المدسرة ، هى مروحة حقا ؟ — نعم ، ولكنها أكبر وأقوى .

صاحت ايريشكا :

— اسمعا ، إنى نفاثة أيضا !

نظر الاثنان إلى ايريشكا ، ولم يصبرا فغرقا فى الضحك . إلا أن



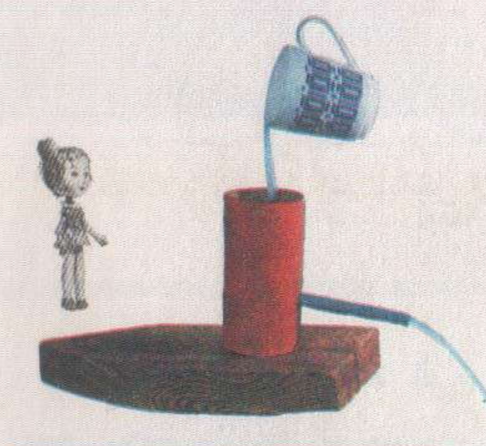
ايريشكا لم تعر لهما اهتماما . كانت تدور فى الغرفة وتقول :

— إنى أدفع الأرض بقدمىّ إلى الوراء ، أما هى فتدفع بى إلى الأمام ، وأنا وأدفع بها إلى الوراء . . .

فصاح ليونيا وتانيا :

— عظيم !

وفهما أخيرا ما تقصده ايريشكا . فهى تعنى أن السيارات والحيوانات والناس جميعا حينما يتنقلون من مكان إلى آخر يدفعون شيئا ما إلى الوراء (كالأرض والماء والهواء) ، بينما يتحركون هم إلى الأمام .



عندما فهم الأطفال ذلك ، حضروا بأنفسهم سفينتين نفاثتين . فى إحداهما أنبوب عريض (أسطوانة) صنع فى الجدار الخلفى له ثقب أدخل فيه أنبوب رفيع . عندما نملأ الأنبوب العريض بالماء يخرج هذا الماء عن طريق الأنبوب الرفيع إلى الخلف ويدفع السفينة إلى الأمام .



فى السفينة الثانية خيط مطاطى يدير بكرة خيوط فارغة غرزت فيها ريشات معدنية ، كالتى تستعمل فى أقلام الحبر . البكرة تدور والريشات تغرف الماء وترميه إلى الوراء . الريشات تدفع الماء إلى الوراء ، والماء يدفعها مع السفينة إلى الأمام .

فى التجربة الأولى حيث استخدمنا الدراجتين الهوائيتين من الضرورى أن يكون احد المشتركين أثقل وزنا من الآخر بكثير . وهنا من المهم أن نركز انتباه الطفل على أن النتيجة ستكون دائما واحدة بغض النظر عن الشخص الذى يقوم أولا بدفع الدراجة بيده . . ومن الضرورى جدا بالطبع أن تكون الدراجتان خفيفتين بدرجة واحدة عند تحركهما ، وأن لا يطأ المشاركان فى العملية الأرض بقدميهما . ويمكن أن نأخذ بدلا من الدراجتين الهوائيتين عربتين متشابهتين . وهذه التجربة تجرى بنجاح عند التزحلق بالقبقاب . ففى هذه الحالة يقف المشاركان وجها لوجه ويندفعان بأيديهما . وهنا يرتد أبعد ذلك الشخص الذى يكون وزنه أقل ، أى الشخص الذى يتمتع بقصور ذاتى أقل .

إن اللعب التى وصفت فى القصة أعلاه يمكن تحضيرها بالاستعانة بالرسومات . وحبذا لو اشترك الطفل فى تحضيرها .

اللعبة التى غزت الفضاء

الصغيران يتهيآن للنوم . أطفأت تانيا الضوء وهمت بالخروج من الغرفة . وفجأة سمعت أحدا يهمس لها :

ـــ تانيا ، تانيا !

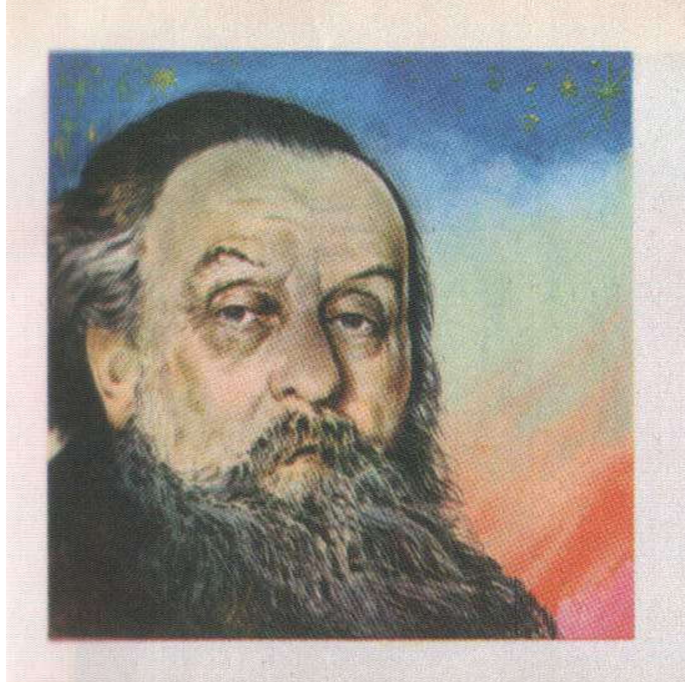
فسألت تانيا بهمس أيضا :

ـــ ماذا ؟

همس ليونيا بصوت يثير العطف :

ـــ حدثينا شيئا ما .

ـــ الوقت متأخر يا ليونيا .



فهمست ايريشكا بصوت يثير العطف أيضا :

ـــ نتوسل إليك يا تانيا .

فكرت تانيا قليلا ثم قالت :

ـــ ما الذى أحدثكم به ؟ . .

جلست على السرير حيث يضطجع ليونيا ، دون أن تشعل الضوء .

ـــ إسمعا إذن . فى قديم الزمان كان فى مدينة كالوجا معلم فى الفيزياء والرياضيات لقبه تسيولكوفسكى . فى النهار كان يعلم الصغار فى المدرسة ، أما فى المساء فكان منشغلا فى التجارب العلمية . وأكثر ما كان يتطلع إليه فى حياته هو التحليق إلى القمر والكواكب الأخرى . لكن كيف الوصول إلى هناك ؟ ربما سيرا على الأقدام ؟

ضحك ليونيا : ـــ لا توجد أرصفة هناك .

ـــ بالقطار ؟

ـــ ليست هناك سكك حديدية !



— بواسطة السفن ؟

— لا يوجد هناك ماء !

— على متن الطائرة ؟

فسأل ليونيا :

— ألا يمكن ذلك ؟

صاحت ايريشكا بصوت عال :

— ماذا بك ! الفضاء هناك يخلو من الهواء ، هناك فراغ !

وواصلت تانيا الحديث :

— المشكلة هى أنه لا يوجد فى الفضاء شىء تندفع عنه وتطير إلى الأمام . ذات مرة خطرت على بال تسيولكوفسكى لعبة تشبه تلك التى ابتدعناها سوية ، فاخترع صاروخا فضائيا . الغازات الساخنة تنطلق من هذا الصاروخ الثقيل إلى الأسفل بقوة فتزيد من سرعته إلى الأعلى . . .

مرت أعوام كثيرة . وأنا أتذكر جيدا اليوم الثانى عشر من نيسان (ابريل) عام ١٩٦١ عندما علمنا جميعا ، فى الصباح الباكر ، بأنه تم ، لأول مرة فى تاريخ البشرية ، إرسال إنسان فى رحلة فضائية . وكان اسمه يورى غاغارين . وقد أصبح آنذاك أول رائد فضاء فى العالم .

ومنذ ذلك الحين طار الكثيرون إلى الفضاء ووصلت السفن الفضائية إلى القمر والزهرة والمريخ والمشترى . وكل هذه السفن الفضائية كانت تندفع إلى الأمام بواسطة المحركات النفاثة .

إن الحوادث التى وردت فى هذه القصة يعرفها الجميع جيدا . فالأطفال كثيرا ما تستهويهم المناقشة حول الفضاء والتحليقات الفضائية . لذا قد تثار أمامكم مناقشات من هذا النوع أكثر من مرة . والدور الذى يجب أن

تضطلعوا به هو اختيار المجرى الصحيح لهذه المناقشات وكيفية توجيهها فى هذا المجرى .

إن الهدف الوحيد من هذه القصة هو تركيز انتباه الصغار على أن ما ساعد الإنسان على تحقيق التحليقات الكونية هو القصور الذاتى أو «الكسل» أو «العناد» لدى الأجسام . وأنا آمل بأن الصغار سيتمكنون ، بعد قراءتهم لكل هذه القصص ، من أن يفهموا أن كل حركة تحدث على الأرض أو فى الفضاء هى عمليا حركة (دفع) نفثية ، لأن الحيوانات والسيارات لدى تحركها دائما تدفع شيئا ما إلى الوراء ، وهذا ال«شيء ما» يدفع الحيوانات والانسان والسيارات إلى الأمام . إن الحركة التى تحدث بفعل القصور الذاتى فقط ، عندما لا يوجد أى شيء يعيق الجسم من التحرك أو يعمل على إيقافه ، يجب اعتبارها حركة شاذة عن الحركة النفثية . ومن الواضح أنه لا يمكن لمثل هذه الحركة أن تحدث فى أى مكان فى الفضاء الحقيقى ، لأن الوسط هناك يعمل على إيقاف حركة الأجسام أو تغيير مسارها . وفى كلتا الحالتين تصبح الحركة نفثية ، وإن كان تصور ذلك أصعب بعض الشيء ، من تصور الحالات البسيطة للحركة النفثية التى تطرقت إليها القصة .

ما حاجة السفينة إلى الأشرعة ؟

ايريشكا وليونيا وصديقهما ايغور وتانيا يتنزهون على متن سفينة شراعية صغيرة فى إحدى البحيرات . قال ايغور :

— لا أدرى لماذا تتحرك السفينة إلى الأمام فى حين تهب الريح من جانبها ؟

قال ليونيا :

— حقا ، الريح تدفع الأمواج فى اتجاه والسفينة فى اتجاه آخر .

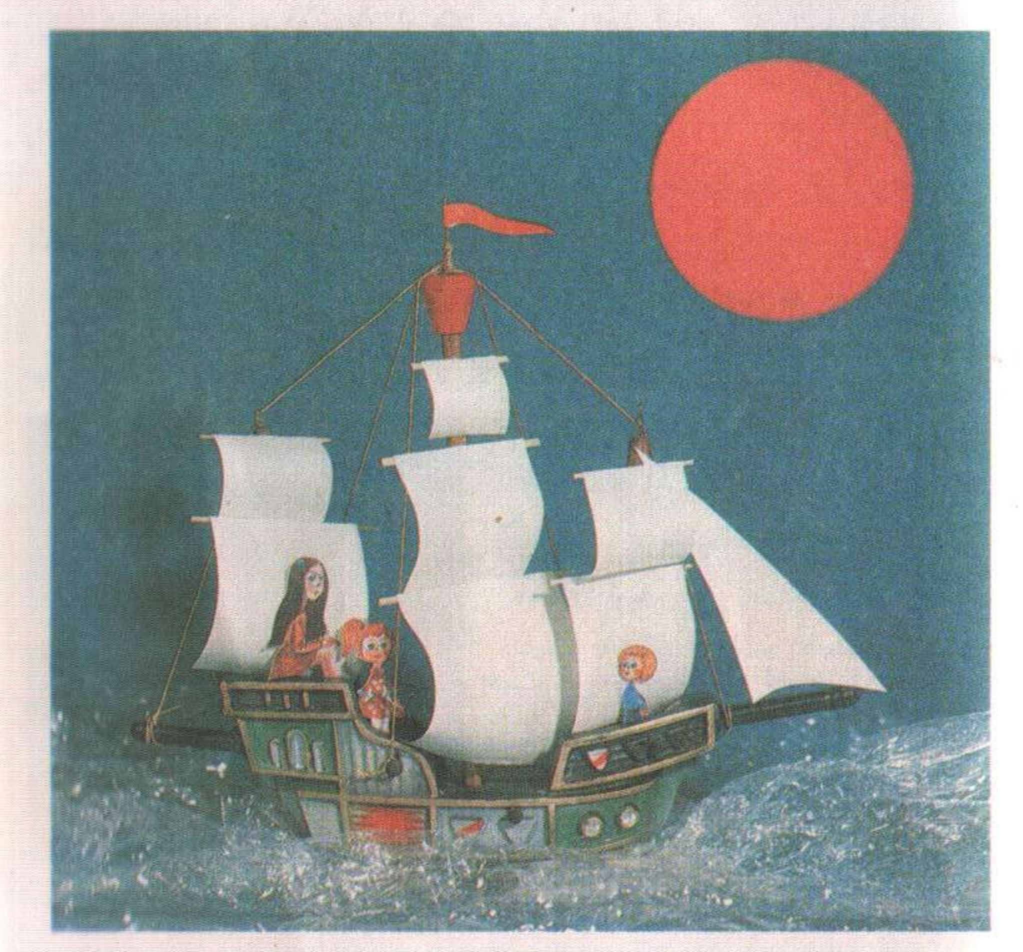
فسألت تانيا : — ما حاجة سفينتنا إلى الأشرعة ؟

— للزينة — أجاب ايغور .

لم يهزأ أحد من هذا الجواب ، مما يدل على أنه ليس بينهم من يعرف الجواب الصحيح .

ابتسمت تانيا وقالت :

— أى ملاحين أنتم إذن ؟ ما الذى يلزم عمله حتى تتحرك السفينة إلى الأمام ؟



قالت ايريشكا بتردد :

— يجب أن نرمى شيئا ما إلى الخلف ، كالأحجار مثلا .

— أو الهواء — أضافت تانيا .

فاندهش ليونيا :

— كيف نرميه إلى الخلف ، فهو يهب من الجانب ؟

أجابت تانيا :

— ولهذا السبب بالذات تركب الأشرعة على السفن .

نظرت تانيا إلى الأعلى وقالت :

— أنظروا ، الأشرعة ليست عمودية على اتجاه الريح ، إنها تميل بعض الشىء ، هل ترون ذلك ؟

— نعم ! — أجاب الجميع مرة واحدة .

— الهواء يرتطم بالشراع ويرتد إلى الوراء . وعندما يرتد إلى الوراء يدفع السفينة إلى الأمام . واضح ؟

— نعم — أجاب الصغار بتردد ، وكان واضحا أنهم لم يفهموا بصورة جيدة كيف أن الريح التى تهب على الشراع من الجانب ترتد إلى الخلف .

وفجأة حزرت ايريشكا :

— كشعاع الشمس عندما ينعكس على المرآة المائلة !

أضاف ليونيا بعد أن فهم السبب أيضا :

— كالكرة عندما ترتد عن الحائط .

فقال ايغور دون أن يقر له قرار :

— فكيف ستكون الحال لو هبت الريح من ناحية أخرى ؟

أجابت تانيا :

— يجب تدوير الأشرعة . ولهذا الغرض تمتد من كل شراع حبال يسميها البحارة بحبال القلع . تجر الحبل فيدور الشراع فى الاتجاه الذى تريده .

الريح خفيفة والسفينة الشراعية الصغيرة تتقدم مع ذلك بسرعة وخفة إلى الأمام ، لأن كل أشرعتها مرفوعة . إنها تعيق كمية كبيرة من الريح وتوجهها إلى الخلف ، لأنها جميعا موجهة فى اتجاه واحد .

وفجأة سأل ليونيا :

— هل الأشرعة تعمل فى السفن فقط ؟

أجابت تانيا : — كلا بالطبع ، إنها تعمل فى كل مكان .



انتهى الصيف وحل الخريف ، وهبت الرياح الخريفية الباردة . وفى أحد تلك الأيام الخريفية جاءت إلى فناء البيت الذى يعيش فيه الأطفال سيارة غريبة الشكل . إنها عربة أطفال نصبت فيها صارية ورفع عليها شراع .

فأصبحت سفينة شراعية على اليابسة ، أو حسب التعبير العلمى «سيارة شراعية» .

كانت «السيارة الشراعية» صغيرة ، لذلك قرر الجميع أن يركب فيها ايغور لوحده لأنه أصغرهم .



دفع الأطفال «السيارة الشراعية» وايغور فيها ، إلى الممشى المعبد . انتظروا حتى هبت ريح قوية وأفلتوا العربة . فامتلأ شراعها بالهواء وأخذ يسحبها إلى الأمام . إنها تسرع على الممشى المعبد وايغور يصيح مبتهجا . يا له من منظر مسر !

بالطبع لا يوجد بين القراء سوى القلائل ممن سيحاولون تحضير سفينة شراعية كالتى كان أبطال قصتنا يتنزهون فيها فى البحيرة . وتحضير هذه السفينة ليس ضروريا ، لأن قيادة السفينة الشراعية الصغيرة التى يلعب بها الصغار ليست أقل متعة هى الأخرى . وبوسع الصغير أن يقود لوحده مثل هذه السفينة الشراعية الصغيرة ، دون مساعدة الكبار . ولربما يبعث ذلك فى نفسه ارتياحاً وسرورا أكثر مما تبعثه النزهة بالسفينة الشراعية الحقيقية . ومن السهل جدا أيضا تحضير «السيارات الشراعية» ، أو بتعبير آخر مركب اليابسة ، الذى يلقى بين أوساط الكبار فى الوقت الحاضر إقبالا واسعا .

الطاحونة القديمة

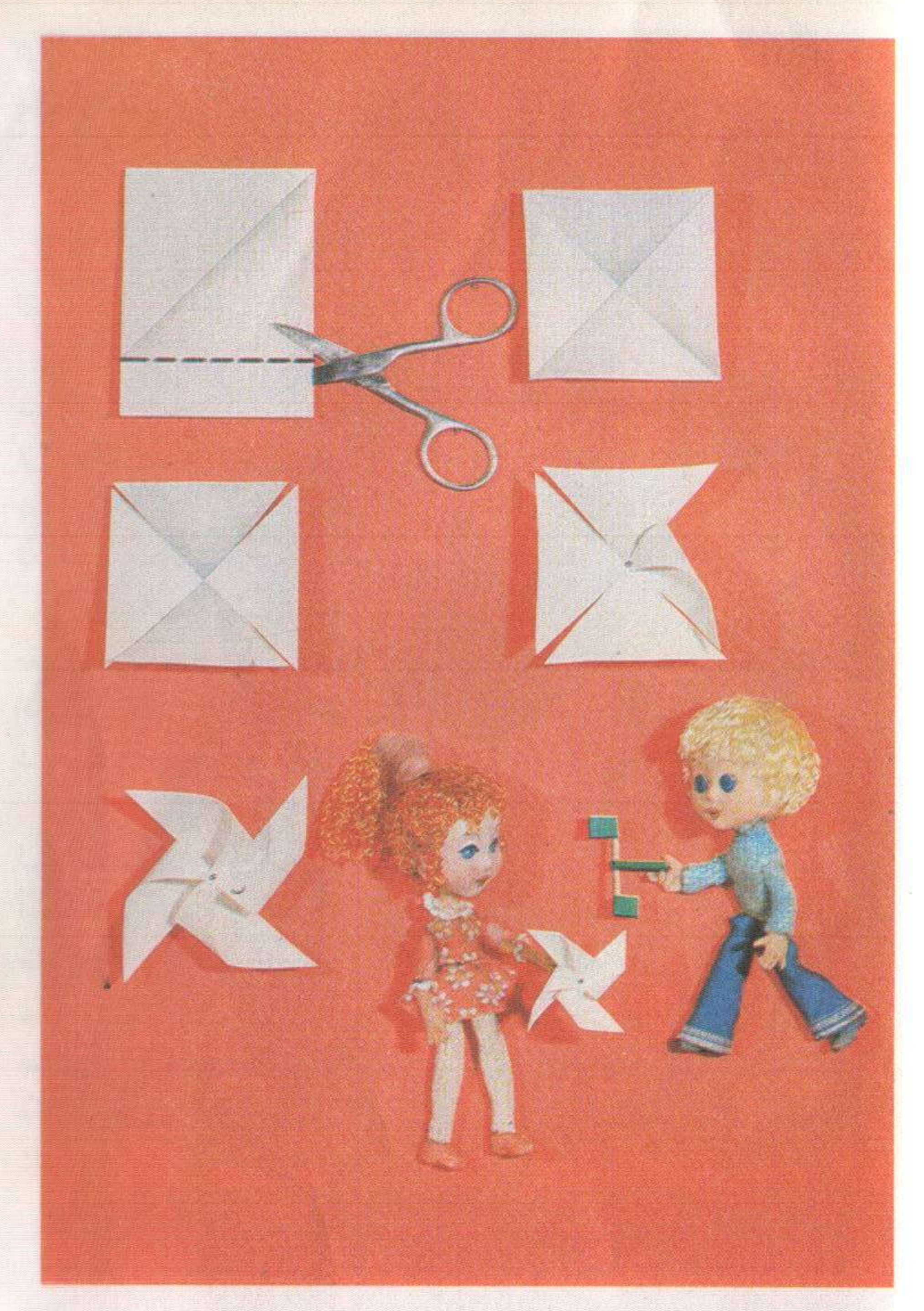
فى طريق العودة من المدرسة إلى البيت التقت ايريشكا بايغور . جلس الاثنان على الدكة فى الحديقة أمام البيت . كانت على سطح البيت المقابل فرارة خشبية تدور بفعل الهواء . وفجأة لاحظ ايغور أن الفرارة تدور ليس فى اتجاه هبوب الريح وإنما عموديا عليه .

— لماذا تدور الفرارة عرضا ؟ — سأل ايغور من ايريشكا التى راحت تنظر هى الأخرى إلى الفرارة .

— يجب أن أفكر — قالت ايريشكا وأخرجت من حقيبتها المدرسية ورقة بيضاء . طوتها مرتين وقطعت القسم الزائد منها وقصت الورقة فى أماكن الطى ، فحصلت على مثلثات متساوية الأضلاع . عقفت هذه المثلثات فى اتجاه المركز فحصلت على زهرة ورقية جميلة .

— هل عندك مسمار ؟ — سألت ايريشكا .

— نعم — أجابها ايغور وناولها مسمارا صغيرا . وخزت ايريشكا هذه



الزهرة الورقية فى وسطها بالمسمار ، فحصلت على فرارة ورقية كتلك التى يعرفها الكثير من الصغار .

قالت ايريشكا :

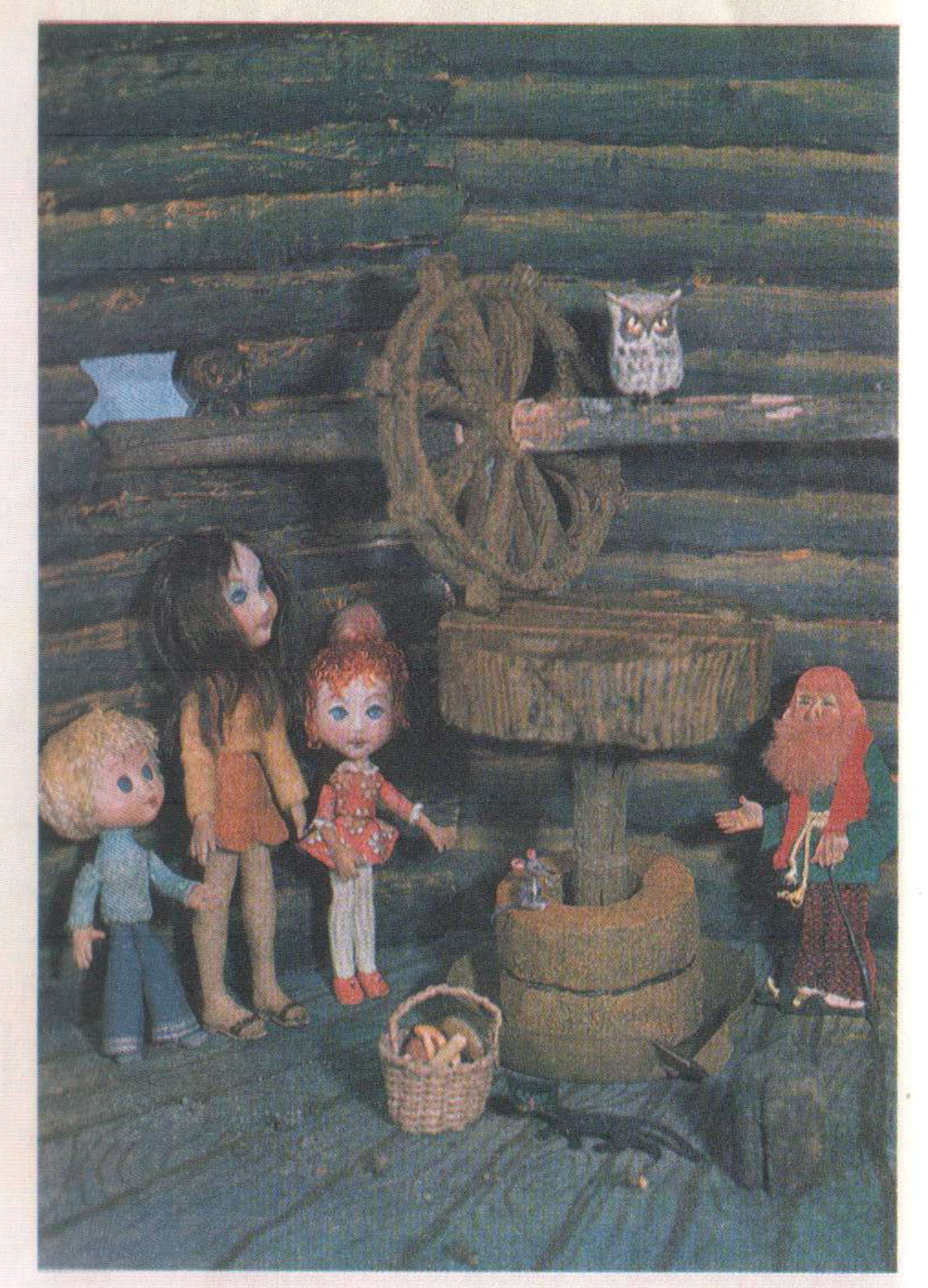
— انظر إلى ريشة الفرارة ، الريح ترتطم بها ، وهى تقف بصورة مائلة على اتجاه الريح . لذلك نرى الريح ترتد جانبا . إنها ترتد فى جهة وتدفع الفرارة فى جهة أخرى ، ولهذا السبب تبدأ الفرارة بالدوران .

— يمكننا عمل فرارة أخرى — قال ايغور . وأخذ قطعتين غير كبيرتين من الورق وثبتهما فى طرفى عصا خشبية . وثبت هذه العصا بواسطة مسمار دقه فى وسطها بعصا ثانية . ولما رفع هذه الفرارة عاليا بدأت تدور . كاد ايغور يطير من الفرح والسرور بحيث أخذ الفرارة وصار يركض بها فى ممرات الحديقة ، فأصبحت الفرارة تدور بشكل يبعث السرور فى النفس .

وفى المساء ركب الصغار دراجاتهم الهوائية . وثبت كل منهم على مقود دراجته فرارة عملها بنفسه . وعندما كانت الدراجات تجول فى ممرات الحديقة كانت الفرارات تدور أيضا ، الأمر الذى أكسب الدراجات الهوائية شبها كبيرا بالطائرات .

ذات مرة كان ليونيا وتانيا وايريشكا فى الحقل . وفجأة وقف ليونيا مسمرا . فنظر الجميع إلى الأمام ، وعرفوا فى الحال السبب الذى أدهش ليونيا بهذا القدر . كانت فى الأفق تشمخ على إحدى الهضاب طاحونة هوائية تدور بأجنحتها . أراد الصغار النظر إليها عن كثب ، فأسرعوا نحوها . ولما اقتربوا منها وجدوا فيها بابا صغيرا ، فدخلوه ورأوا فى الداخل عجلتين خشبيتين كبيرتين مسننتين . أما الجذعان اللذان ركبتا عليهما فكانا يصدران أثناء دورانهما صريفا حزينا . وفى الأسفل وقف رجل عجوز بالقرب من حجر كبير مدور .

حيا الصغار الرجل العجوز ، فرد عليهم التحية ، وقال والابتسامة تعلو



محياه :

— ماذا تريدون ؟

— كنا نسير فى الحقل فرأينا طاحونتكم وقررنا النظر إليها عن قرب — أجابت تانيا .

قال العجوز :

— عفارم عليكم . . . هذه هى أيامها الأخيرة فى منطقتنا . وقد أسعدتم حظا لأنه لم يفتكم الأوان فى مشاهدتها . فقريبا سوف يتم تفكيكها ونقلها إلى متحف مكشوف ، وإلا ستنهار بسبب قلة الصيانة والعناية .

— وأنت ؟ — سألت ايريشكا .

— أنا ؟ — هز العجوز كتفيه . كنت قد طحنت فيها آخر مرة قبل حوالى أربعين عاما ، ومنذ ذلك الحين لم تعد لنا حاجه لها . فكل شىء الآن يعمل بواسطة الكهرباء .

ثم سأل العجوز :

— بالطبع انتم مهتمون بتركيبها أليس كذلك ؟

— نعم ، بالتأكيد — رد عليه الصغار .

— أهم شىء فى الطاحونة أجنحتها . والأجنحة هى عبارة عن فرارة كبيرة تدور بفعل الريح ، فتدير ذاك الجذع الكبير الذى يدخل من خلال الفتحة فى الجدار ، إلى داخل الطاحونة . وعلى هذا الجذع عجلة مسننة ، تتعشق أسنانها مع التجاويف على العجلة الثانية ، فتدور العجلة الثانية وتقوم بواسطة الجذع الثانى بتدوير الرحى .

— ماذا ؟ — لم يفهم ليونيا .

— الرحى — كرر العجوز . الرحى هى حجر كبير دائرى الشكل . وفى الطاحونة توجد رحيان ، إحداهما ثابتة والأخرى تدور . تقوم الرحيان بسحق الحبوب التى تنساب بينهما فيحصل الدقيق . ويحضر من هذا الدقيق عجين ،

ومن هذا العجين يخبزون الخبز . . . هل كل شىء واضح الآن ؟

— كل شىء واضح — قال الصغار — شكرا لك !

— لا شكر على واجب — ابتسم الطحان العجوز .

فى الوقت الحاضر لن يتسنى رؤية طاحونة الهواء أو مكنة الهواء إلا لقليل من القراء . ولذا فمن الضرورى الاكتفاء بتحضير الفرارة . ولما كان تركيب الفرارات المشروحة أعلاه غير صعب وواضحا على الرسم فإننا لن نشرحه بالتفصيل هنا . والمهم هو تركيز انتباه الطفل على أن الفرارة تدور عموديا على اتجاه الريح ، أى إذا كانت الريح تهب من الشمال إلى الجنوب ، فإن الفرارة تدور فى المستوى الواصل بين الشرق والغرب .

لماذا تطير طيارات الورق ؟

ايغر يسير برفقة تانيا وايريشكا فى الشارع وقع نظرهم على طيارة ورق تطير عاليا فى السماء .

فقال ايغور :

— عجبا لماذا ترتفع ؟

— بسبب هبوب الريح — أجابت ايريشكا .

— الريح تهب على الأرض ، أما طيارة الورق فتطير فى الأعالى ! — كاد يصيح ايغور .

تناولت ايريشكا قطعة من الورق وقالت :

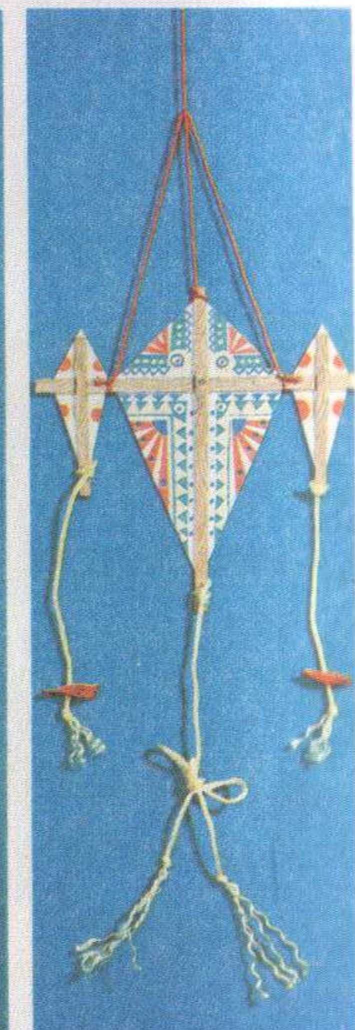
— انظر ، الطيارة تقف مائلة على اتجاه الريح . الريح ترتطم بها فترتد إلى الأسفل وتدفع الطيارة إلى الأعلى .

— عندما ترتطم الريح بالقسم الأسفل من الطيارة ، تتجمع كمية كبيرة من الهواء فى أسفلها ، وهذا الهواء يرفع الطيارة إلى الأعلى — أضافت تانيا .

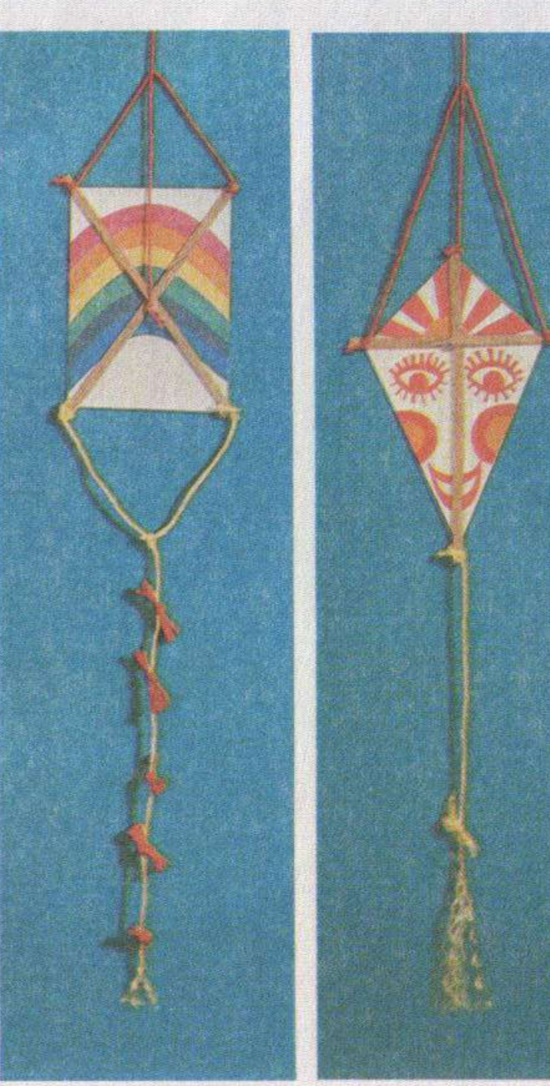
12–378

وفى المساء أخذت تانيا صندوقا من الخشب المعاكس وأهالت فيه كمية من الحصى — تلك الأحجار الصغيرة التى جلبها الصغار من البحر .

بعد ذلك أخذت تانيا عصا وربطت بها خيطا على غرار زمام طيارة الورق . وضعت العصا فى الصندوق وظلت تمسك بالطرف







الثانى من الخيط بيدها . أمالت تانيا الصندوق ، فتدحرجت الأحجار على قاعه وارتفعت العصا إلى الأعلى .

قالت تانيا :

— انظروا ، الحصى كلها تجمعت فى الأسفل عند العصا . إنها تضغط على العصا ، وتجعلها تصعد إلى الأعلى .

حقا فكلما كانت تانيا تميل الصندوق وتنساب الأحجار إلى الأسفل ترتفع العصا إلى الأعلى بسرعة ، وكأنها طيارة ورق حقيقية .

بالطبع إن أحسن ما يمكن إجراؤه لمواصلة هذه القصة هو تحضير وتطيير طيارة الورق . وتظهر على الرسم بعض أنواع هذه الطيارات . يحضر هيكل هذه الطيارات من طبقة واحدة من الخشب المعاكس ، أى من قشرته . ولكى نحصل من قطعة الخشب المعاكس على شرائط قشرية ينبغى ترطيب هذه القطعة فتتجزأ أو تتفكك طبقة طبقة دون أن نبذل جهدا . ويمكن مثلا استعمال قطعة من الخشب المعاكس تبلت بالمطر .

وعند تحضير الجيمات (الأزمّة) من الضرورى أن نراعى تماثلها وإلا ستلف الطيارة وتدور أثناء تطييرها .

ويجرى تحضير ذيل الطيارة من الشرائط أو الضمائد او من حبل غير ثقيل . وظيفة هذا الذيل هى موازنة الطيارة وجعلها أكثر استقرارا أثناء التحليق . ويعزى تأثير الذيل على موازنة الطيارة إلى العاملين التاليين : أولا ، انه يقع على امتداد اتجاه الريح كما هى الحال بالنسبة لذيل الطائر أو المجموعة الذيلية فى طائرة الركاب . وثانيا ، إن الذيل ثقيل نسبيا ويحاول البقاء دائما فى الأسفل ، فى حين تنطلق طيارة الورق إلى الأعلى . وإذا كانت الطيارة أثناء تطييرها غير مستقرة وتلف كثيرا ، ينبغى فى هذه الحالة زيادة وزن الذيل (بإطالته أو تعليق ثقل ما فى مؤخرته) . أما إذا كان الذيل ثقيلا جدا فإن الطيارة ترتفع ببطء أو قد لا ترتفع نهائيا .



١ — لماذا يصعب تحريك العجلات الثقيلة من مكانها ؟ ولماذا يكون إيقافها صعبا جدا إذا انطلقت بسرعة ؟

٢ — عندما تصطدم كرتان ، إحداهما ثقيلة والأخرى خفيفة ، تتدحرج الكرة الخفيفة بعيدا فى حين لا تتحرك الكرة الثقيلة من مكانها تقريبا . ما سبب ذلك ؟

٣ — عندما تقف الحافلة فجأة ، ينحنى الركاب جميعا إلى الأمام ، أما الكرة الموجودة على أرضيتها فإنها تتدحرج هناك من طرف إلى آخر إذا لم يعقها عائق ، فلماذا ؟

٤ — لماذا لا يتمكن السائق من إيقاف الحافلة فورا ، إذا اعترضها شخص ما فى الشارع ؟

٥ — كرر تجربة السنجة المعلقة بالخيط الرفيع والتى ربط فى أسفلها خيط غليظ . عندما ننتل الخيط الغليظ لا ينقطع الخيط الرفيع الذى تعلق به السنجة ، بل ينقطع الخيط الغليظ المربوط بها من الأسفل ، فلماذا ؟

٦ — عندما ننزل ضربة خاطفة بعصا رميت إلى الأعلى ، نراها تتحطم ولا تطير جانبا ، فلماذا ؟

٧ — عندما ندفع الحجر فى أحد الاتجاهات يدفعنا هو فى الاتجاه المعاكس . لماذا يحدث ذلك ؟ أى حجر يدفعنا بقوة أكبر : الخفيف أم الثقيل ؟

٨ — ما الذى ينطلق من الطائرة النفاثة إلى الوراء بدلا من الأحجار ؟ وما الذى ينطلق من الصاروخ ؟

٩ — لماذا يجب على الإنسان ، عندما يريد السير إلى الأمام ، أن يدفع الأرض إلى الوراء ؟

١٠ — ما الذى تدفعه الطيور إلى الأسفل حتى ترتفع إلى الأعلى ؟

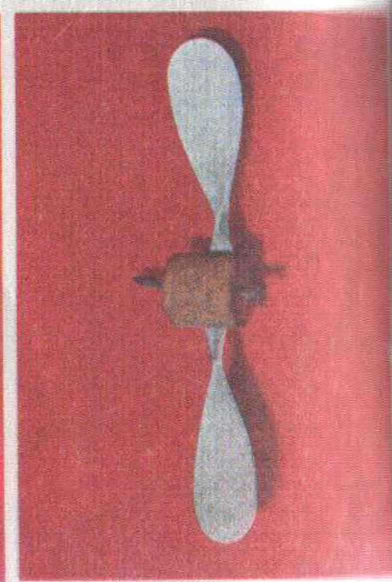
١١ — ما السبب الذى يجعل البندقية نرتد إلى الوراء عندما نطلق منها النار ؟

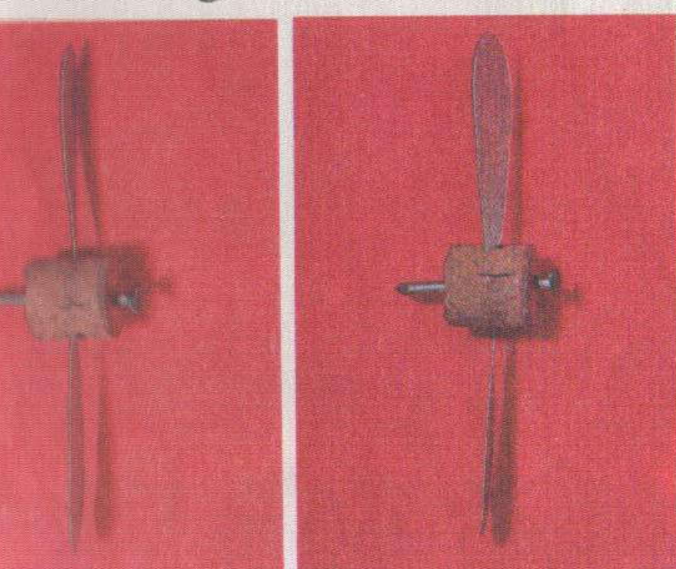
١٢ — عندما نفتح الحنفية المربوطة بخرطوم مطاطى نرى الخرطوم يميل جانبا . فلماذا ؟

١٣ — إذا استحال تدوير الأشرعة فى السفينة وجعلها مائلة على اتجاه الريح ، هل ستتمكن السفينة من السير عرضا على اتجاه الريح ؟

١٤ — انظر بإمعان إلى الرسم واذكر أى الفرارات تدور بفعل الريح وأى منها لا تدور ؟ ما سبب ذلك ؟

١٥ — لماذا تقف طيارة الورق مائلة على اتجاه الريح ؟







الكهرباء والمغناطيسية

كيف نحصل على قليل من الكهرباء

مصابيح شجرة عيد رأس السنة

المغانط

المسمار السحرى

كيف نحصل على قليل من الكهرباء

تانيا وايريشكا وليونيا يستعدون لعيد رأس السنة . نصبوا شجرة عيد رأس السنة وأخرجوا من الدولاب ملاعيب الزينة . وفجأة رن الجرس .

— ايغور ! صاحت ايريشكا وأسرعت لاستقباله .

— ها أنا معكم !

— جاكيتك جميل جدا ! — قالت تانيا .

نظر ايغور إلى جاكيته الصوفى وقال :

— جميل . . لكنه حار !

— إخلعه . غرفتنا دافئة — نصحته ايريشكا .

شرع ايغور يخلع الجاكيت وتانيا تساعده .

— لماذا يفرقع ؟ — سأل ايغور بعد ان سمع فرقعة صدرت عن الجاكيت عندما سحباه من أعلاه .

خلعت تانيا الجاكيت منه وقربت أصبعها من أنفه . شعر ايغور بأن شيئا نقره فى أنفه بقوة ، فحملق فى تانيا ، ثم فى ايريشكا وسأل :

— ما الذى نقرنى فى أنفى ؟

فضحكت تانيا وايريشكا ، أما ليونيا فحملق هو الآخر مثلما فعل ايغور وقال مقلدا :

— ما الذى نقرنى فى أنفى ؟

قهقه الجميع وكان ايغور يقهقه أعلى من الآخرين . تقدمت تانيا من طاولة الكتابة ورفعت الزجاجة الموضوعة عليها قليلا . ودست تحتها من الجانبين كتابين ، وقالت لايريشكا :

— قطعى قصاصات صغيرة من الجريدة ، أما أنت — التفتت تانيا إلى ليونيا — فاحضر قفازك الصوفى .

تناولت تانيا القصاصات التى اقتطعتها ايريشكا ووضعتها على الطاولة



تحت الزجاجة . فكرت هنيهة ثم قصت من الجريدة إنسانين صغيرين وأضافتهما إلى القصاصات الورقية . تأكدت تانيا من أن اللوح يستقر جيدا على الكتابين وتناولت القفاز الذى جاء به ليونيا ، وبدأت تدلك به اللوح الزجاجى . فى البداية لم يحدث أى شىء ، إلا أنه بعد قليل أخذت القصاصات تتحرك على الطاولة وبدأت ترتفع قليلا . فوقفت مستندة بأحد طرفيها على سطح الطاولة وممتدة بطرفها الآخر نحو اللوح الزجاجى . رفع أحد الإنسانين الصغيرين رأسه وفجأة استقام ووقف على قدميه ، وفى نفس اللحظة تقريبا ارتعش الإنسان الثانى ووقف رأسا على عقب . فضحك الكل عاليا . أما تانيا فظلت تدلك اللوح الزجاجى بالقفاز ، وسرعان ما جذبت قوة غامضة جميع القصاصات الورقية والإنسانين الصغيرين إلى اللوح الزجاجى فالتصقت به .

تمهلوا — صاحت ايريشكا وتناولت مشطا من البلاستك وبدأت تمشط

شعر تانيا . وبعد بضع دقائق رأى الجميع كيف انتصب شعر تانيا ممتدا نحو المشط عندما كانت ايريشكا تقربه من رأس تانيا .

قال ايغور :

— كفاية ، أنا لا أفهم شيئا .

— وأنا أيضا — أضاف ليونيا .

فقالت ايريشكا :

— لعلمكم ، قرأت فى أحد الكتب بأنه من جراء دلك الزجاج تحصل كهرباء ، وهى التى تجذب القصاصات الورقية .

فواصلت تانيا الحديث :

— الكهرباء مختلفة ، موجبة وسالبة . فعلى اللوح الزجاجى حصلت كهرباء موجبة ، أما على القصاصات الورقية ، فحصلت كهرباء سالبة . إن الكهرباء المختلفة تتجاذب ، ولهذا السبب بالذات بدأت القصاصات الورقية تقفز إلى الأعلى .

— لو أخذنا كهرباء متشابهة ، هل ستتنافر ؟ سأل ليونيا .

— نعم — أجابت تانيا .

— أعرف ذلك ، لقد قمنا أنا ووالدى بمثل هذه التجربة — قال ايغور ودنا راكضا من البالونين الهوائيين اللذين علقهما الصغار فى الغرفة للزينة ، فأمسك بهما وصار يدلك بهما يافوخه ، ومن ثم تركهما . اصطدم البالونان ببعضهما فارتدا إلى جهتين مختلفتين وطارا ليلتقيا من جديد ، وقبل أن يصلا إلى بعضهما ارتدا ثانية . وبعد قليل استقر البالونان فى وضع وكأن شيئا ما يبعدهما عن بعضهما ولا يسمح لهما أن يتلامسا .

— لكننى مع ذلك لا أعرف لحد الآن ما الذى نقرنى فى أنفى — قال ايغور .

— عندما نزعنا منك الجاكيت — شرحت له تانيا — حصلت من جراء الاحتكاك على جسمك وعلى الجاكيت كهرباء . الكهرباء على جسمك كثيرة ،

أما على جسمى فكانت معدومة نهائيا ، لذلك طفرت من أنفك إلى أصبعى . وهذه الشرارة الكهربائية هى التى نقرت أنفك !

— هل ألمتك ؟ — قال ايغور مستفسرا .

— كلا ، الألم بالنسبة للأنف أقوى منه بالنسبة للأصبع — ضحكت تانيا .

استمع ليونيا لهذه الأحاديث وتتبع إجراء التجارب ولزم الصمت كما لو كان يجهد ذاكرته ليتذكر شيئا نسيه . ثم سأل أخيرا :

— أيها الأصدقاء ، هل البرق شرارة أيضا ؟

— نعم ، إنها كهرباء — قالت تانيا مندهشة له — كيف حزرت ؟

أجاب ليونيا :

— إنهما متشابهان .

— غريب — قال ايغور — فلماذا إذن لا تفرقع تلك الشرارة ؟

— إنها تفرقع ، بل وتفرقع بشدة — قالت تانيا — فالرعد ما هو إلا فرقعة للبرق .

إن الملابس المحضرة من الأنسجة الاصطناعية والصوفية وكذلك المواد البلاستيك تتكهرب جيدا عندما يكون الجو فى الغرفة دافئا والرطوبة قليلة . إن الشحنات الكهربائية الساكنة المتكونة على سطح العازل الكهربائى تتسرب فى الجو الرطب ، الذى يوصل الكهرباء جزئيا ، ولا تتمكن الكهرباء من التجمع على سطحه بكميات كافية .

والتجارب التى نقوم فيها بكهربة البالونين الهوائيين المربوطين بخيطين طويلين تكون موفقة جدا . لو قمنا بكهربة بالون واحد فإنه يبدأ بالالتصاق بالحاجيات التى تحيط به . أما إذا قمنا بكهربة بالونين أو عدة بالونات هوائية فإنها ستتنافر لحصولها على شحنات متشابهة .

مصابيح شجرة عيد رأس السنة

ليونيا وتانيا يزينان شجرة عيد رأس السنة ، وايريشكا منهمكة فى ترتيب المصابيح وأسلاكها فى بيت كرتونى صغير ذى نوافذ . وعلى الأرضية جنبها بطارية كهربائية من تلك التى تستعمل فى





مصابيح الجيب الكهربائية . رسمت على أحد رأسى البطارية العلامة «+» (القطب الموجب) ، وعلى الرأس الثانى العلامة «–» (القطب السالب) . مست ايريشكا القطب الموجب للبطارية بأحد السلكين المربوطين بالمصباح ، والقطب السالب بالسلك الثانى فاشتعل المصباح .

الكهرباء «تركض» عبر المصباح من قطب إلى آخر .

كان ايغور ينظر إلى ايريشكا وهى تدخل المصباح المشتعل فى البيت الصغير حتى أضاءت النوافذ فى هذا البيت . وأعجبه ذلك بحيث غدا يصيح :

— أنا أيضا ابتدعت شيئا ! — أمسك بأحد المصابيح والسلكين المربوطين به وركض صوب المقبس (مأخذ التيار) وأدخل السلكين فى المقبس . حدثت فرقعة قوية لم يكن يتوقعها ، فارتد إلى الخلف وسقط على الأرضية .

— عجبا ، كيف يجوز أن تدخل شيئا فى المقبس ! — استشاطت تانيا غضبا .

— لكن هناك كهرباء أيضا — قال ايغور وقد شعر بالذنب .

— نعم ، ولكن هناك ٢٢٠ فولطا ، أما المصباح فإنه يتحمل أربعة فولطات فقط . إنه مخصص للبطارية .

— هذه الكهرباء بإمكانها أن تميت ! صاحت ايريشكا بعد تانيا .

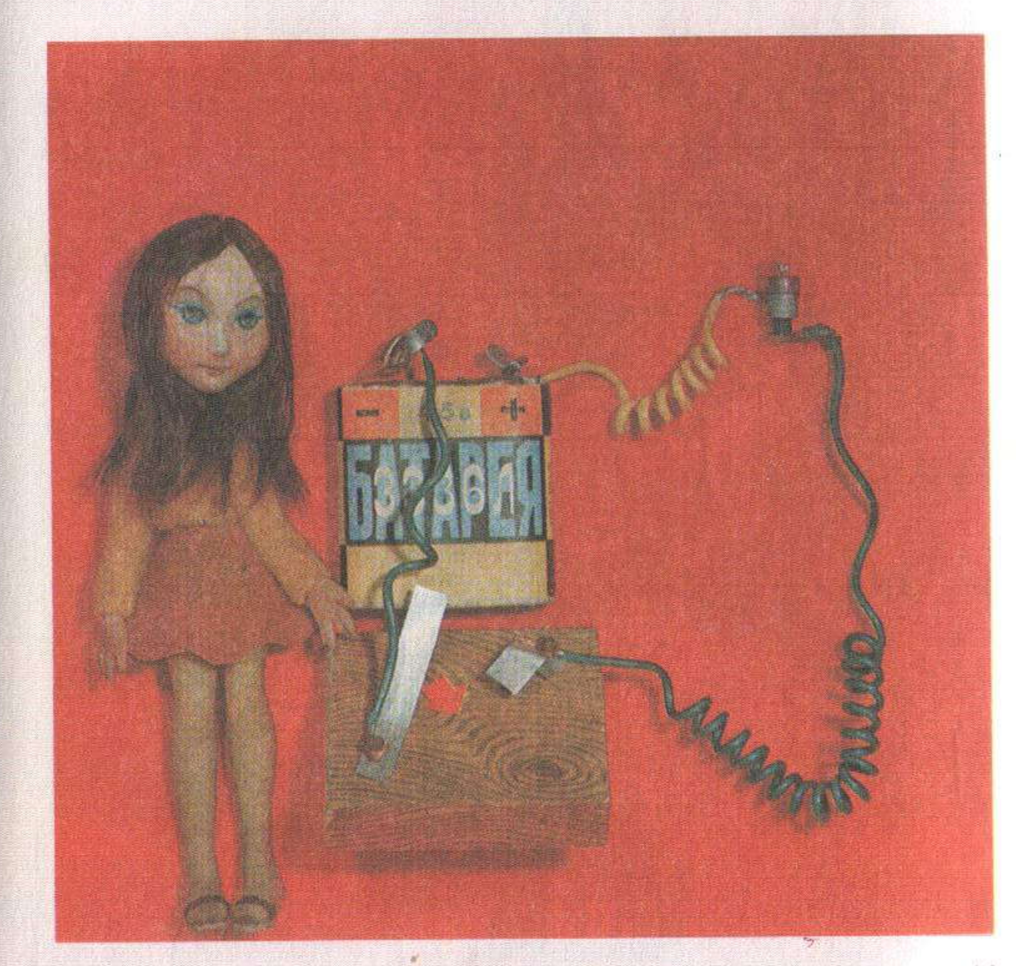


— يا لك من مغفل ! — أضاف ليونيا . — من الذى يدخل فى المقبس أسلاكا غير معزولة ! لا سيما بيدين غير معزولتين أيضا !

أخذ الخجل من ايغور مأخذه ، وتذكر بأن والده قال له أن اللعب بالكهرباء يؤدى إلى عواقب وخيمة . وفى تلك الأثناء تقدمت تانيا من المقبس ، بعد أن هدأت قليلا ، وأوصلت فيه قلادة

أخذت تانيا لوحة خشبية صغيرة ، وقطعت من الصفيح قطعة مستطيلة الشكل وثبتتها على اللوحة بمسمار صغير . دقت فى اللوحة مسمارا آخر فحصل بذلك مفتاح للفصل . وهذا المفتاح بالطبع يصلح للبطارية فقط ، ولا يجوز توصيله بالمقبس . وهذا واضح للجميع .

تقدمت تانيا من بيت الكرتون وأخرجت منه المصباح والبطارية ، ثم



مصابيح شجرة رأس السنة ، فتألقت بأضواء زاهية مختلفة الألوان .

— عظيم ! ! صاح الصغار .

تطلع ايغور إلى المصابيح فلاحظ أن سلكها يأتى من المقبس ويتصل بذيل المصباح الأول ، ومن المصباح يخرج سلك ثان ويتصل بذيل المصباح الثانى ، من المصباح الثانى يخرج سلك ثالث ويمتد إلى المصباح الثالث وهكذا دواليك . والآن تسعى الكهرباء وتدب عبر بضعة مصابيح . وحصة كل من هذه المصابيح



كمية قليلة من الكهرباء ، لذلك فإنها لم تحترق . وفى نفس الوقت نظرت ايريشكا إلى البيت الصغير تحت الشجرة والذى خبأت فيه المصباح والبطارية ، فوجدت أن الضوء فى شباكه ضعيف جدا.

— لماذا ضوء المصباح باهت لهذا الحد ؟ سألت ايريشكا من تانيا .

تطلعت تانيا إلى البيت الصغير وقالت :

— الكهرباء فى البطارية بدأت تنفد .

— ما الذى ينبغى عمله حتى لا تنفد ؟ — سأل ليونيا .

— يجب أن لا نشعلها لفترة طويلة . ولهذا الغرض يجب تجهيز مفتاح للفصل .

تناولت بطارية جديدة وأوصلت الأسلاك بالمصباح والبطارية والمفتاح كما يظهر على الرسم . الكهرباء تسرى من البطارية وتذهب إلى المفتاح عن طريق السلك وتقف هناك لأن المفتاح مفصول . حركت تانيا قطعة الصفيح فلامست المسمار وبدأت الكهرباء تدب صوب المصباح ، فأضاء رأسا .

— من الآن فصاعدا ستعمل البطارية طويلا — قالت تانيا — عندما لا تكون لنا حاجة بالمصباح سنطفئه فنقتصد فى الكهرباء .









— كيف تضئ المصابيح ؟ — سأل ايغور فجاة .

— خذ سلكا رفيعا وأوصله بقطبى البطارية — قالت تانيا .

قام ايغور بتنفيذ ذلك . لكنه صاح بعد ثانية :

— آه ! — ورمى السلك على الأرضية .

— ماذا ؟ — ابتسمت تانيا .

— السلك ساخن !

قالت تانيا :

— إنه يتسخن من جراء الكهرباء . والفتيلة السلكية فى المصباح تتسخن أيضا من جراء الكهرباء ، إنها تتسخن إلى حد الإضاءة .

فى ذلك المساء جهز الصغار كثيرا من الألاعيب ومنها : القمر المضىء وفى داخله مصباح وبطارية ، والنجوم فى قبة السماء المصغرة ، والبيوت الكرتونية ذات النوافذ المضاءة ، والبومة ذات العينين المضيئتين . . .

تذكر دائما بأن المصابيح الصغيرة المستعملة فى مثل هذه الألاعيب توصل بالبطارية فقط .

إن التجارب على الكهرباء ذات الفولطية ٢٢٠ يجب أن تستثنى نهائيا ، ذلك لأن الفولطية فى الدائرة الكهربائية خطرة على حياة الإنسان ، وبدون خبرة خاصة يمكن أن تؤدى هذه التجارب إلى إصابات .

وكذلك لا داعى لصنع قلادة مصابيح شجرة عيد رأس السنة ، ذلك لأن هذه القلادة قابلة للاحتراق . ومن الأفضل استخدام القلادة الجاهزة . ولكى نشرح للصغير كيف تصل الكهرباء إلى المصباح يكفى فكه من حدقته .

أما بالنسبة للألاعيب ذات المصباح والبطارية فإنها مأمونة ولا تعود بالخطر أبدا . ومن المفيد جدا لو عملتم بضع ألاعيب منها على الأقل . ويستحسن كذلك لو جهزتم هذه الألاعيب بمفتاح فصل كالذى تم شرحه فى القصة أعلاه .

13-378

المغانط

أشعل ليونيا وايغور كل المصابيح والألاعيب على شجرة عيد رأس السنة وظلا فترة طويلة يتمتعان بمنظرها الزاهي . وبعد ذلك جاءت ايريشكا واقتربت من الحائط وعلقت عليه رقعة حديدية غير كبيرة وشرعت تضع عليها حروفا بيضاء . تكونت من هذه الحروف عبارة غير كاملة : «كل عام وأنتم بـ . .» . إلا أن الغريب فى الموضوع هو أن ايريشكا لم تقم بتصميغ هذه الحروف ولم تدقها بالمسامير ولم تشكها بشيء . ومع ذلك كانت ثابتة على اللوحة الحديدية .

سأل ايغور :

— لماذا تلتصق ؟



دس ايغور يده فى جيبه وقال :

— أنا أيضا عندى مغناطيس !

— ثم ماذا ؟ فعندى مغناطيس من هذا النوع ! وأرى ليونيا الجميع مغناطيسا شكله يشبه العصا .

— خلفها مغانط صغيرة — أجاب ليونيا ، وقلب أحد هذه الحروف على وجهه الثاني وعرضه على ايغور .

كان على الجهة الخلفية للحرف مغناطيس صغير جدا بالفعل ، وهو الذى يلتصق باللوحة الحديدية ولا يدع الحرف يقع منها .

— أما أنا فعندى هـذا — وأرت تانيا مغناطيسا على شكل حلقة .



— وعندى أنا هـذا المغناطيس — وأرت ايريشكا إبرة خياطة عادية .

أعطينى اياها ! — أخذ ايغور الإبرة من يد ايريشكا ووضعها على ثلاثة دبابيس كبس ، كانت على الطاولة . بقيت الدبابيس على وضعها وكأنه لم يحدث شيء .

— ان هذا «المغناطيس» لا يجذب أى شيء — قال ايغور وأعاد الإبرة إلى ايريشكا .

أخذت ايريشكا الإبرة ودلكتها قليلا بمغناطيس تانيا . بعد ذلك قربت الإبرة منْ دبابيس الكبس والدبابيس الاعتيادية الموضوعة على الطاولة ، فرأى الجميع أن الإبرة بدأت تجذب هذه الحاجيات الحديدية الخفيفة ! تناول ايغور قطعة من الصفيح ودلكها أيضا بالمغناطيس ، ثم قربها من دبابيس الكبس ، إلا أنها لم تتأثر بقطعة الصفيح وظلت فى وضعها هادئة ولم تبد أية رغبة فى القفز إلى الأعلى .

— لماذا ؟ — سأل ايغور

— ماذا تقصد «بماذا» ؟ سألته تانيا

— لماذا لا تجذب قطعة الصفيح الدبابيس ؟

تفحصت تانيا كلا من الإبرة وقطعة الصفيح وقالت :

— الإبرة مصنوعة من الفولاذ ، لذلك يمكنها أن تكون مغناطيسا .





الفولاذ يتمغنط ، أما الصفيح ، فهو من الحديد العادى ، وينجذب من قبل المغانط الأخرى ولا يتمغنط هو نفسه .

صمتت تانيا قليلا ثم أضافت قائلة :

— لعلمكم إن لكل مغناطيس قطبين : شماليا وجنوبيا . الأقطاب المختلفة تتجاذب والأقطاب المتشابهة تتنافر .

تناولت تانيا حلقاتها المغناطيسية وقالت :

— فى هذه المغانط أطليت الأقطاب الشمالية باللون الأزرق ، والأقطاب الجنوبية باللون الأحمر . قربت تانيا بعد ذلك الحلقات المغناطيسية من بعضها ، بحيث كانت الأقطاب المتقابلة مختلفة ، فالتصقت المغانط ببعضهما مصدرة بذلك صوتا عاليا رنانا .

أدارت تانيا بعد ذلك أحد هـــــذه



المغانط وبدأت تقربه من المغناطيس الآخر ، الموجود على الطاولة ، فبدأ هذا بالهرب من المغناطيس الأول الذى تمسك به تانيا . ضحك الصغار كثيرا : فمن المسلى والمسر رؤية أحد هذه المغانط يهرب من المغناطيس الآخر ، دون أن يمسه أحد .

طلب ليونيا من تانيا هذه المغانط ووضعها الواحد فوق الآخر بحيث كانت الأقطاب المتشابهة تقابل بعضها . وشعر جيدا كيف حاولت المغانط الإفلات من يده . بعد ذلك حرر يده فجأة فقفز المغناطيس العلوى إلى الأعلى ومن ثم وقع على الأرضية مصدرا صوتا .

أخذت ايريشكا قلم رصاص وألبست الحلقة المغناطيسية عليه ، ثم ألبست عليه حلقة أخرى . ولما كان المغناطيسان متوجهين نحو بعضهما بقطبين متشابهين ، فقد تنافرا . انضغط المغناطيس السفلى على الطاولة ، فى حين تعلق الآخر فى الهواء دون تدخل من أحد .

— أما الآن فاحزروا هذا اللغز ! — قالت تانيا .

أخذت طبقا غويطا وصبت فيه الماء ، ووضعت مغناطيسا شكله يشبه الأصبع فى غطاء لقنينة ووضعت الغطاء بما فيه فى الماء ، فطفا الغطاء على الماء مع المغناطيس .

الكل ينظرون الى الغطاء ، والغطاء يستدير لوحده . استدار الغطاء واهتز عدة مرات فوقف متخذا بذلك وضعا يتجه فيه الطرف الأزرق صوب النافذة .

أدارت تانيا الغطاء من جديد فى اتجاه آخر ، فاهتز وأشار بطرفه الأزرق مرة أخرى إلى النافذة .

— لماذا يستدير المغناطيس فى نفس الاتجاه ؟ — سأل ليونيا .

— فى أغلب الظن خبئ مغناطيس آخر فى مكان ما هناك — قال ايغور .

— ابحثوا عنه — عرضت عليهم تانيا .

هرع الصغار للبحث عنه ، إلا أنهم لم يجدوا شيئا .

— فلربما يكون فى مكان ما خارج البيت — قال ليونيا .

— صحيح ، إنه خارج البيت — ابتسمت تانيا — فهذا المغناطيس هو كرتنا الأرضية . ويقع أحد قطبيه شمالا ، فى منطقة القطب الشمالى ، أما الثانى فيقع جنوبا ، فى منطقة القطب الجنوبى .

— ألا يعنى هذا أننا حصلنا على بوصلة ؟ — سألت ايريشكا .

— نعم .

— هل المؤشر فى البوصلة الحقيقية مغناطيس أيضا ؟ — سأل ليونيا .

— بالطبع ، إنه مغناطيس — أجابت تانيا .

ليس من الصعب إعادة التجارب المشروحة فى القصة أعلاه . فمغنطة الحاجيات المصنوعة من الفولاذ عملية لطيفة بحد ذاتها . ويجب ألا يغيب عن بالكم أن الحديد المطاوع (كالصفيح مثلا) لا يتمغنط عمليا . أما التجارب التى نحصل عند تنفيذها على بوصلة فهى ممتعة جدا . ومن الواضح أنه يجب فى هذه الحالة استخدام مغناطيس على شكل قضيب . وإذا لم تنجح التجربة بواسطة المغناطيس الطافى فى الطبق ، فيمكن فى هذه الحالة تعليق المغناطيس بخيط .

المسمار السحرى

وضعت ايريشكا مصباحا فى الفانوس الذى حضره ليونيا وسألت :

— هل عندك سلك ؟

— نعم — أجابها ليونيا وبدأ يفك السلك من المسمار الذى كان قد لف عليه ، كما يلف على البكرة .

كانت عملية فك السلك غير مريحة ، فقالت ايريشكا :

— حسنا ، دعه على حاله .

كانت تريد فقط أن تفحص المصباح لتتأكد مما إذا كان يعمل أم لا . فأوصلت أحد طرفى السلك الذى كان ملفوفا على المسمار بالبطارية ، والطرف الثانى بالمصباح . وما أن أوصلت السلك بالمصباح حتى بدأ يضىء ، وفى ذات الوقت أفلتت من مكانها على الطاولة عدة دبابيس كبس والتصقت بالمسمار . لم تفهم ايريشكا شيئا فى البداية وفصلت السلك عن المصباح ، فلم يعد المسمار يجذب الدبابيس . وبعد قليل عادت وأوصلت السلك ثانية فعادت الدبابيس من جديد والتصقت بالمسمار . فى هذه المرة رأى الجميع — ايريشكا وليونيا وايغور — أنه حالما يشتعل المصباح فى الفانوس تلتصق الدبابيس بالمسمار .

— جن ، جن ! — صاحوا جميعا .

— من الذى جن — قالت تانيا مستفسرة .



— المسمار — أجاب ايغور .

اقتربت تانيا من الطاولة وتفحصت جيدا المسمار الذى لف عليه السلك ثم قالت :

— لم يجن . أصبح مغناطيسا كهربائيا .

— أى مغناطيس ؟ — سأل الصغار مستفسرين .

— كهربائيا .

أخذت البوصلة المغناطيسية ووضعتها على الطاولة وبعد ذلك قربت منها السلك وأوصلته بقطبى البطارية . وما أن قامت بذلك حتى استدار مؤشر البوصلة فى الحال وصار يشير إلى السلك . وعندما فصلت تانيا البطارية عن السلك استدار المؤشر من جديد .

— عندما تسرى الكهرباء فى السلك يبدأ بجذب الحاجيات الحديدية قليلا . ويحدث هذا جيدا بشكل خاص عندما يكون السلك ملفوفا على شكل حلقة .

لفت تانيا السلك فى حلقة وأوصلته بالبطارية فاستدار المؤشر فى البوصلة نحو الحلقة فى الحال ، حتى اهتز من جراء هذه الحركة الخاطفة .

— أنا أعرف الآن — قالت ايريشكا — كلما كان عدد الحلقات أكثر ، صارت تجذب الحاجيات الحديدية بصورة أقوى .

تناولت ايريشكا المسمار وبدأت تلف عليه السلك لتعمل مغناطيسا كهربائيا . وقامت بألفى لفة .



بعد ذلك جهز الصغار الألعوبة المبينة بالرسم . ثبتوا المسمار الذى لف عليه السلك فى اللوحة الخشبية . فهو مغناطيس كهربائى . وضعوا فوق هذا المغناطيس قطعة مستطيلة من الصفيح بحيث كان أحد طرفيها مثبتا فى اللوحة والطرف الثانى ثبت فيه قلم رصاص . أوصلوا المغناطيس الكهربائى بالبطارية ، فصار يجذب قطعة الصفيح ، وينقر القلم على اللوحة الخشبية .

وضع الصغار تحت القلم على اللوحة شريطا ورقيا ، من الأشرطة التى تستعمل للزينة فى عيد رأس السنة ، أما تانيا فأخذت مفتاح الفصل والبطارية وذهبت بهما إلى الغرفة الثانية .

— اسحبوا الشريط ، فأنا أرسل إليكم برقية !

أخذوا يسحبون الشريط رويدا رويدا ، وتانيا تدق على مفتاح الفصل ، فيجذب المغناطيس الكهربائى قطعة الصفيح والقلم الرصاص معها ، أما القلم فيكتب لهم برقية ، نقطة خط ، نقطة خط . . .

— خلاص — صاحت تانيا .

جلبوا الشريط إلى تانيا فقالت :

— اقرأوا — وأعطتهم قطعة من الورق كتبت عليها حروف على شكل نقاط وخطوط . فحزرت ايريشكا حالا بأنها أبجدية مورس . تطلعت ايريشكا إلى هذه الأبجدية وبعدها إلى شريط البرقية وقالت :

— خط ، نقطة ، خط — الحرف «ك» .

فحزر ايغور بالأمر ونظر إلى الأبجدية ومن ثم أضاف قائلا :

— نقطة ، خط ، نقطتان — الحرف «ل» .

وقال ليونيا :

— نقطة ، خط ، نقطة ، خط — الحرف «ع» .

عادت ايريشكا تقول :

— نقطة ، خط — الحرف «أ» .

قال ليونيا مرة ثانية :

— خطان — الحرف «م» .

— كل عام وأنتم بخير ! — صاح الصغار سوية ، لأنهم حزروا ما كتب فى البرقية .

هكذا هنأت تانيا الأطفال بحلول عيد رأس السنة .

إن تحضير المغناطيس الكهربائى سهل للغاية ، ولكن يجب أن نتذكر دائما أن تحضيره يتطلب استخدام سلك معزول . وأحسن سلك يمكن استخدامه لهذا الغرض هو السلك المستعمل فى أجهزة الراديو والمعزول بمادة الورنيش .

يمكن استعمال المغانط الكهربائية فى كثير من الألاعيب الخاصة بالصغار . فعلى سبيل المثال لو استبدلنا الخطاف فى المرفاع المجمع من القطع التركيبية بمغناطيس كهربائى لأصبح اللعب بهذا المرفاع أكثر متعة .

إن تركيب جهاز التلغراف الكاتب يظهر على الرسم بوضوح . والمهم ألا ننسى بأنه يجب أن نثبت على قطعة الصفيح التى تنجذب من قبل المغناطيس الكهربائى ، وبصورة مباشرة فوقه ، قطعة صغيرة من الحديد المطاوع أو قطعة من الصفيح بعد أن نطويها ٥ — ١٠ طيات . وذلك ضرورى ليجذب المغناطيس حامل القلم بقوة أكبر .



مسائل وتمارين

١ — لماذا تتطاير أحيانا شرارات نارية وتسمع فرقعة عندما تخلع فى الظلام الجاكيت أو البلوزة المحاكة من النسيج الاصطناعى أو من الخيوط الصوفية ؟

٢ — لماذا تسمع فرقعة عندما تمشط الشعر النظيف والجاف بالمشط البلاستيكى ؟

٣ ــ ما هو البرق ؟

٤ ــ لماذا يضىء المصباح الكهربائى ؟

٥ ــ لأى شىء يستعمل مفتاح الفصل ؟

٦ ــ لماذا لا يسمح بإيصال الألعوبة التى تحضرها بنفسك بشبكة الأسلاك الكهربائية ؟

٧ ــ أى الحاجيات يجذبها المغناطيس ؟ وأى منها لا يجذبها ؟

٨ ــ ما هو مؤشر البوصلة ؟

٩ ــ لماذا يتجه مؤشر البوصلة بأحد طرفيه إلى الشمال وبالطرف الآخر إلى الجنوب ؟

انقضى عامان . . . سافرت ايريشكا وليونيا الى شبه جزيرة كامشاتكا ليعيشا مع والديهما . وهما الآن على ساحل المحيط الهادى وأحيانا يكتبان لى رسائل .

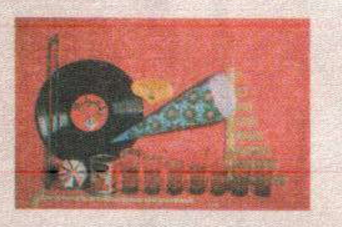
من خلال هذه الرسائل عرفت أن ايريشكا مولعة الآن بعلم الأرصاد الجوية وأن بمقدورها الآن أن تتنبأ بحالة الطقس تنبؤا صحيحا . أما ليونيا فقرر القيام برحلة بحرية حول العالم على متن سفينة شراعية ينوى إعدادها خصيصا لهذا الغرض . ولا أدرى فى الواقع ، هل سيتمكن من ذلك أم لا ، فالمحيط الهادى ليس بحيرة !

أما ايغور فلم يسافر إلى أى مكان . وقبل فترة اشترى له والداه تلسكوبا وهو الآن يدرس علم الفلك . ويقول إن هذا العلم أكثر متعة من الفيزياء .

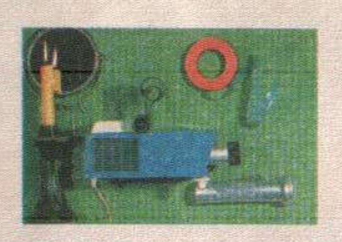
بعد عدة أشهر من سفر ليونيا وايريشكا ، تخرجت تانيا من معهد الموسيقى وهى تعمل الآن فى الاوركسترا بمدينة أخرى وتكتب لى أحيانا .

بالطبع أنا مشتاق إلى أصدقائى . وعندما أكون حزينا جدا أتناول من على الرف كتاب «الفيزياء للصغار» فأتذكر تلك الأيام البهيجة التى قضيناها سوية .

المحتويات



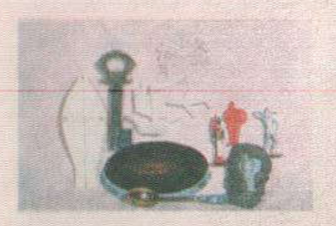
الصوت



الضوء



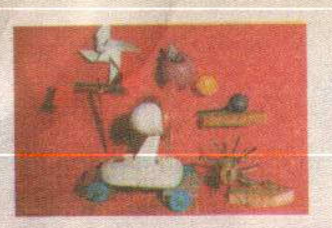
الحرارة



السوائل والغازات والأجسام الصلبة



الفراغ والحركة



القصور الذاتى والدفع النفثى



الكهرباء والمغناطيسية

الى القراء الأعزاء

تصدر دار «مير» مختلف الكتب العلمية والفنية المختارة من أفضل المراجع الجامعية وكذلك بعض الكتب العلمية المبسطة . وهذه الكتب تصدر باللغة العربية وغيرها من اللغات .

ويسر الدار معرفة رأيكم فى هذه الكتب وتكون شاكرة لكم لو أبديتم لها ملاحظاتكم حول مضمونها وترجمتها وتصميمها الفنى .

عنوان دار «مير» :

الاتحاد السوفييتى — موسكو ١١٠ — بيرفى ريجسكى بيريولوك رقم ٢

يرجى ارسال الطلبات الى الوكلاء المعتمدين لدى مؤسسة «ميجدونارودنايا كنيغا» السوفييتية ، موسكو ١١٣٠٩٥ ، شارع دميتروف ٣٩/٢٠ ، «ميجدونارودنايا كنيغا» .